

# 건축공사 현장의 생산성 저하요인 인과관계 구조분석

정윤호<sup>1</sup> · 김동욱<sup>2</sup> · 홍민기<sup>3</sup> · 장현승<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>서울과학기술대학교 일반대학원 건축과 석사 · <sup>2</sup>서울과학기술대학교 일반대학원 건축과 석사 · <sup>3</sup>서울과학기술대학교 일반대학원 건축과 석사 ·  
<sup>4</sup>서울과학기술대학교 건축학부 교수

## Causal Relationship Analysis of the Factors Lowering Productivity in Construction Job Site

Jung, Yunho<sup>1</sup>, Kim, Dongwook<sup>2</sup>, Hong, Minki<sup>3</sup>, Jang, Hyounseung<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>Master, Department of Architecture, Seoul National University of Science & Technology

<sup>2</sup>Master, Department of Architecture, Seoul National University of Science & Technology

<sup>3</sup>Master, Department of Architecture, Seoul National University of Science & Technology

<sup>4</sup>Professor, Department of Architectural Engineering, Seoul National University of Science & Technology

**Abstract :** Productivity is also a very important indicator in the construction industry as it can measure economic growth and the efficiency of each related production activity, either at the industrial level or at the corporate level. Technical factors indeed have a great impact on productivity, but in order to improve productivity in the actual construction industry, various productivity factors must be analyzed first, and the efforts to improve productivity at the project level are more important than the efforts to improve productivity at the construction industry level, which are addressed from a macro perspective. This study was designed to provide basic data for efficient productivity management activities of the project by selecting priority management factors through the causal analysis of the factors and the elicitation of the productivity degradation factors at the construction site to improve the quality of the construction industry.

**Keywords :** Productivity, DEMATEL, Causal Relationship

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

생산성은 산업 및 기업차원에서 경제성장과 각 관련 생산 활동의 효율을 측정할 수 있는 지표로서 기업의 이윤증대와 경쟁력 확보 등에 영향을 미칠 수 있으며, 건설 산업에서도 매우 중요한 지표로 언급되고 있다(Kim & Lee, 2008). 건설 현장관리자들은 측정된 생산성과 생산성에 영향을 미치는 요인을 고려하여 다양한 생산성 정보를 생성할 수 있으며, 생성된 정보는 프로젝트 성과 측정 및 현장관리자의 의사결정 과정에서 중요한 정보로 활용될 수 있다(Moon et al., 2006).

건설 산업에서 생산성의 중요함이 부각되고 있음에도 국

내 건설 산업의 노동생산성은 타 국가 대비 상대적으로 낮은 상황이다. McKinsey & Comany (2017)의 보고서에 따르면 우리나라 건설업(2015년 기준)의 노동시간당 부가가치(노동생산성)는 13\$로 평가되어, 벨기에(48\$), 네덜란드(42\$), 영국(41\$) 등 유럽선진국 대비 약 30% 수준이며, 미국, 일본 등과 비교해도 매우 낮은 수준으로 조사되었다.

이와 같은 상황에서 건설 산업의 생산성 향상을 위해 새로운 관리기법 및 인공지능, 공중 자동화 등 첨단기술과 관련된 다양한 연구가 수행되고 있다. 기술적인 요인이 생산성에 큰 영향을 미치는 것이 사실이지만, 그 밖에 복합적인 요인에 대해서도 그 유형과 중요도가 고려되어야 하며(Son & Lee, 2002), 거시적인 관점에서 다루어지고 있는 산업차원에서의 생산성 향상 노력보다는 프로젝트 차원에서의 생산성 향상 노력이 더욱 중요한 의미를 갖는다(Kim et al., 2004).

기존 건설 프로젝트 차원에서의 생산성 영향 요인에 관한 연구는 단순히 요인의 영향 정도나 중요도를 도출 및 분석에 관한 내용을 중심으로 수행되었다. 그러나 건설 산업에서의 생산성은, 다수의 이해관계자가 단일 프로젝트에 참여하는 산업의 특성 때문에, 프로젝트의 이해관계가 복잡하게 얽

\* **Corresponding author :** Jang, HyounSeung, Department of Architectural Engineering, Seoul National University of Science & Technology, 232 Gongneung-ro, Nowon-gu, Seoul  
E-mail: jang@seoultech.ac.kr

**Received** November 1, 2019; **revised** -

**accepted** November 29, 2019

하였으며, 이 때문에 생산성 영향 요인 간의 관계는 더욱 복잡성을 띠 수 있을 것으로 사료된다.

이에 따라 본 연구는 건설 산업의 질적 향상을 위해, 프로젝트 차원에서의 생산성 저하 문제를 구조화하고 우선적으로 관리가 필요한 요인을 선정하여 관련 시사점 제시를 통해 기업이 생산성 관리 방안 수립 시 기초자료로 활용할 수 있도록 제공하는 것이 목적이다.

### 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 건축공사 현장의 생산성 저하요인에 대해 인과관계 구조분석을 수행하여 우선적 관리요인을 선정하고, 해당 요인들의 개선을 통하여 생산성 저하를 방지하고, 궁극적으로 생산성을 향상하기 위한 현장관리 방안 수립 시 활용 가능한 기초정보를 제공하는 것으로 연구범위를 한정하였다.

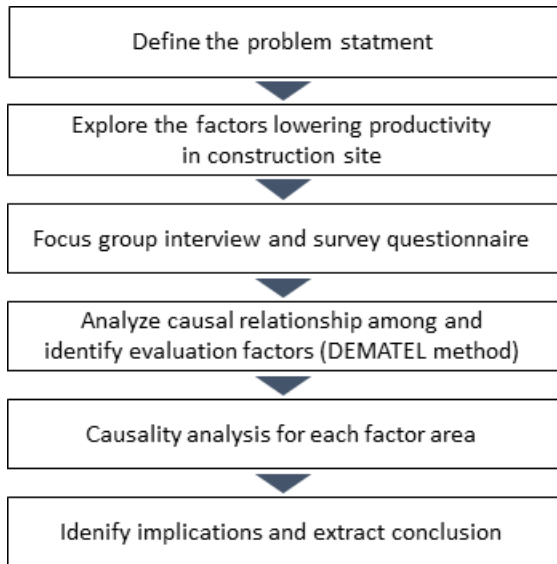


Fig. 1. Flow of research method

본 연구의 흐름은 위 <Fig. 1>과 같으며, 다음과 같은 방법으로 수행되었다. 첫째, 관련 문헌조사 및 전문가 면담(FGI, Focus Group Interview)을 통해 생산성 저하요인을 도출한다. 둘째, 도출된 요인을 기반으로 건축현장 관리 경험이 있는 전문가에게 설문조사를 시행한다. 셋째, DEMATEL (DEcision Making Trial & Evaluation Laboratory) 문제의 구조화 기법을 활용하여 요인 간의 인과구조를 분석하고 우선적으로 관리가 필요한 요인을 선정한다. 넷째, 선정한 우선적 관리요인을 대상으로 건축현장에서의 효율적인 생산성 관리를 위한 시사점을 도출한다.

## 2. 이론적 고찰

### 2.1 건설 산업에서의 생산성

생산성(Productivity)의 정의는 학문적으로 1766년 프랑스 경제학자 F. Quesnay의 ‘Formula Du Taleau Economique’ 문헌에서 “능력”이란 의미로 처음 정의되어 사용되었다. 이후, 1833년 Littré에 의해 “생산할 수 있는 능력(Faculty to produce)”으로 정의되고, 20세기 초 관련 학자들에 의해 산출과 생산수단과의 관계성을 나타내는 개념으로 확장되었다(HANMIPARSONS & CERIK, 2004). 이처럼 생산성의 정의는 시대의 변화에 따라 조금씩 다르게 활용되었다. 일반적으로 생산성은 어떠한 생산체계를 통해 생산된 산출량(Outputs)과 일정기간 동안 그 생산물(Products)을 생산하기 위해 투입된 자원량(Inputs)의 비율로 정의할 수 있다(Kim, 1994).

생산성은 보통 측정 및 평가하는 방법에 따라 부분생산성, 종합생산성, 부가가치생산성, 조합생산성으로 구분되나, 건설 산업의 경우 노동집약적이라는 특성과 타 산업 대비 측정 및 평가하기 어려운 요인을 다수 포함하고 있기 때문에 부분생산성 중 노동생산성이 보편적으로 활용된다(Seo, 2010).

그러나 국내 건축공사 현장을 대상으로 생산성 영향요인을 분석하기 위하여 생산성이라는 용어를 재 정의할 필요가 있었다. 본 연구에서의 생산성은 ‘프로젝트에 투입되는 인력, 자재, 경비 등의 자원(Inputs) 대비 발주자가 요구하는 예산, 공기, 품질 등의 결과물(Outputs) 충족 정도’로 정의하였다. 또한, 생산성 저하요인은 ‘프로젝트 투입 자원이 프로젝트 초기 계획 대비 비효율적인 활용의 원인이 되는 요인’으로 정의하였다. 단, 공사계약 체결을 위해 예산 및 공기가 무리하게 산정된 경우가 아니라 충분히 타당하게 적정 공사비와 기간이 책정된 것으로 가정하였다(Jung, 2019).

### 2.2 건설 산업에서의 생산성 연구 동향

Kim (1994)은 우리나라 건설 산업에서의 생산성에 대한 고찰과 “건설인력, 설계 및 엔지니어링, 공사관리 및 작업계획, 공사 투입자원, 공사성격 및 시공외적 조건” 등 5가지로 분류하여 생산성 저하요인 및 향상요인을 제시하였으며, 이들 간의 상관관계를 제시하며 단기적인 성과에 의존하기보다는 장기적인 안목으로 바라봐야 한다는 결론을 제시하였다. Son and Lee (2002, 2005)는 위 5가지의 영향요인 분류체계를 기반으로 다른 문헌의 내용을 반영하여 생산성 저하요인, 향상요인의 분류체계를 확립하고, 각 요인의 영향도를 조사하여 실무적인 대책을 마련하고자 하였다. 이후 국내에서 이와 관련된 연구가 다수 수행되었으나, 앞에서 활용

된 5가지의 분류체계 및 요인들을 그대로 활용하거나 크게 벗어나지 않았거나(Seo, 2010; Yoo, 2013), 단순히 각 요인의 영향 정도나 중요도에 대한 내용을 중심으로 수행되었다(Jung et al., 2011; Kim et al., 2011; Kim et al., 2012).

그러나 건설 산업에서의 생산성은 산업의 특성에 따라 다수의 이해관계자가 프로젝트에 참여하여 그 관계가 복잡하고, 따라서 프로젝트의 생산성 저하 요인 간의 관계는 더욱 복잡하게 나타날 수 있다는 점에서, 요인들에 대한 인과관계 구조화를 통해 생산성 관리를 위한 체계적인 방안 마련이 필요하다고 판단된다. 따라서 본 연구는 건축공사 현장의 생산성 저하요인 간의 인과관계 구조를 분석하고자 하였다.

### 2.3 문제의 구조분석 방법

#### 2.3.1 문제의 구조화

문제의 구조화란 특정 문제에 대한 이해를 향상시키기 위해 정보를 수집하고, 그것을 기초로 문제의 핵심과 관련된 요인 간의 관계를 모델화하는 과정을 의미한다(Park et al., 2011). 본 연구는 앞서 기술한 것과 같이 국내 건축공사 현장에서의 생산성 저하문제를 유발하는 요인 간의 복잡한 관계를 구조분석하고 우선적으로 관리가 필요한 요인을 도출하고자 하였다. 그러나 건축공사 현장에서의 생산성 저하문제는 해당 요인이 매우 다양하게 존재하고, 그 요인이 생산성에 영향을 주는 정도를 구체적으로 측정하기 위한 정량적인 데이터가 없다. 이에 본 연구에서 활용할 연구 방법론을 선정하기 위해 문제의 구조화 방법에 대한 문헌 조사를 실시하였으며, 이를 정리하면 다음 <Table 1>과 같다.

정량적인 데이터 수집이 어려워 문제의 구조화가 어려운 경우는 KJ Mapping, 인지구조도(Cognitive Map), ISM (Interpretive Structural Modelling), DEMATEL (DEcision MAKing Trial and Evaluation Laboratory) 등의 그래프이론

을 기반으로 한 기하학적 구조모델로 분석한다(Park et al., 2011). KJ 기법은 새로운 접근 방식으로 문제의 개념을 이해할 수 있고 다양한 분야에서 활용이 가능하다는 장점이 있지만, 분류과정에서 주관성이 개입될 우려가 크며(Shin, 2008), 정보 수집 및 분석 과정에서 소비되는 시간과 비용이 크게 발생할 수 있다(Noh, 2004). 인지구조도 분석은 인과관계를 양(+)과 음(-)의 부호로 표현하여 시각적인 효과가 있지만, 인과관계의 정도와 요인 발생 강도의 세밀한 표현이 미흡하다(Marttunen et al., 2017). ISM 기법은 문제의 요인 간의 관계 유무를 평가하는 방식으로 진행되며, 문맥 및 추론 등을 통해 설문 문항을 줄일 수 있고, 이로 인해 복잡한 문제의 구조화를 간단히 수행할 수 있다는 장점이 있다(Rajesh et al., 2013). DEMATEL 기법은 각 요인의 의미를 부여하고 다계층 구조뿐만 아니라, 요인 간의 관계에 강도 표현을 도식화하여 구조분석이 가능하다(Shin & Kim, 2008).

따라서 본 연구에서는 객관적이며 정량적인 방법으로 건축 프로젝트에서의 생산성 저하 요인 간 인과관계 구조분석 수행을 위하여 DEMATEL 기법을 적용하였다.

#### 2.3.2 DEMATEL 기법

DEMATEL 기법은 복잡하고 다단한 문제에 대해 전문가 집단의 의견조사를 통해 데이터 수집 및 분석으로 해당 문제의 구조와 복합적인 문제 간의 본질을 명확히 하고, 공통적인 이해관계를 이끌어내는 분석 방법론이다(Kim, 2018). 분석 절차는 다음과 같이 정리할 수 있다(Elham et al., 2013; Chaturvedi et al., 2018).

1단계, 직접인과행렬(Direct-Influenced Matrix)을 산출한다. k명의 전문가에게 어떠한 문제의 요인들 간의 관계를 조사하는 설문을 실시한다. 평가요인 간의 영향 정도에 따라 5점 척도로 평가하는 설문조사를 통해 설문대상자는 행렬을

Table 1. Advantages and limitations of methodologies structuring problem

Methodology	Advantages	Limitations
KJ Mapping	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Understanding of the classification system by visually expressive</li> <li>- Extracting realistic alternatives</li> <li>- Available in a variety of fields</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Concerning about subjectivity intervention in the classification process</li> <li>- Difficulty in deriving problem-solving methods</li> <li>- Time invested in information collection and analysis</li> </ul>
Cognitive Map	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Understanding of the respondent's perspective</li> <li>- The causal relationship between factors can be expressed in positive (+) and negative (-) symbols.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- If the survey is large, analysis is required via professional software.</li> <li>- lack of detail in the degree of causality and the intensity of the factors occurring</li> </ul>
ISM (Interpretive Structural Modelling)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Understanding of the classification system by visually expressive</li> <li>- Reducing survey questions through context and reasoning</li> <li>- Simple process for structural analysis of complex problems</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Increased complexity with more factors</li> <li>- Difficult to consider factors with little impact</li> <li>- Expert survey required</li> <li>- Difficult to determine the degree of influence between factors</li> </ul>
DEMATEL (DEcision MAKing Trial and Evaluation Laboratory)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Understanding of the classification system by visually expressive</li> <li>- Simple principle for easy analysis</li> <li>- Applicable to complex structure</li> <li>- Determining the difference and cause of several similar systems by structure and comparison</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Expert survey required</li> <li>- Time invested in preparation phase</li> <li>- A number of items require a significant amount of time to create a flow graph</li> </ul>

작성한다. 이를 통해 작성된 행렬을 원시자료행렬이라고 한다. 작성된 원시자료행렬(H)은 식 (1)을 활용하여 데이터 일반화과정을 거친다. H는, k명의 전문가에 의해 평가된 행렬을 산술평균한 직접인과행렬을 의미하며,  $H_i$ 는 i번째 전문가에 의해 평가된 원시자료행렬을 의미한다.

$$H = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k H_i \quad (1)$$

2단계, 직접인과행렬을 표준화(Normalization)하는 과정이다. 직접인과행렬에 대하여 각 행, 열의 합을 구한 후 그 중 가장 큰 값(s)으로 직접인과행렬을 나눈다. 여기서 s의 크기는 1보다 크지 않다. 식 (2)와 (3)은 직접인과행렬의 표준화하는 과정에서 활용되는 수식이다.

$$s = \max \left( \max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n a_{ij}, \max_{1 \leq j \leq n} \sum_{i=1}^n a_{ij} \right) \quad (0 < s < 1) \quad (2)$$

$$X = \frac{1}{s} \times H \quad (3)$$

3단계, 종합인과행렬(T, Total-Relation Matrix)을 산출하는 과정을 거친다. 종합인과행렬(T)은 투입산출모형에서 유발계수(Inducement Coefficients)와 같은 개념으로, 각 요인 간의 인과관계를 보여주는 행렬이다. 종합인과행렬은 식 (4)를 통해 도출되며, 식의 I는 단위행렬(I, Identity Matrix)을 의미한다. 도출된 종합인과행렬은 식 (5)와 같은 형태로 나타난다.

$$T = X^1 + X^2 + \dots + X^n = X(I - X)^{-1} \quad (4)$$

$$T = [t_{ij}]_{n \times n} = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & \dots & t_{1j} \\ t_{12} & t_{22} & \dots & t_{2j} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ t_{i1} & t_{i2} & \dots & t_{ij} \end{bmatrix} \quad (5)$$

4단계, 종합인과행렬을 기반으로 DEMATEL 평가지표를 산출한다. 각 요인 간의 인과관계 구조 분석을 위해 종합인과행렬을 활용하여 다양한 평가지표를 산출한다. 이 과정을 통해 산출되는 평가지표는 다음과 같다.

종합인과행렬의 행의 합(D, 영향도)은 요인 전체에 대하여 해당 요인이 원인의 성격을 나타내는 정도를 의미하며, 식 (6)을 통해 산출된다. 열의 합(R, 피영향도)은 요인 전체에 대하여 해당 요인이 결과의 성격을 나타내는 정도를 의미하며, 식 (7)을 통해 산출된다.

$$D = \left[ \sum_{i=1}^j t_{ij} \right]_{n \times 1} = [t_i]_{n \times 1} \quad (6)$$

$$R = \left[ \sum_{j=1}^n t_{ij} \right]_{1 \times n} = [t_j]_{1 \times n} \quad (7)$$

각 요인의 D+R 값은 종합강도를 의미하며, 요인 전체에 대한 해당 요인의 상대적 중요도를 의미한다. D-R 값은 순위위치를 의미하며, 그 요인이 전체 요인 중에서 원인의 성격을 띠고 있는지, 결과의 성격을 띠고 있는지를 판단할 수 있는 지표이다. 예를 들어, 'D-R > 0'일 경우, 원인자(Dispatcher)의 성격이 강한 요인이고, 'D-R < 0'일 경우, 결과자(Receiver)의 성격이 강한 요인인 것을 의미한다.

5단계, 기준 값(Threshold value,  $\gamma$ )을 설정하고 인과관계 그래프를 도식화하는 과정이다. 요인 간의 문맥상 관계를 표현하는 그래프 작성을 위해, 영향 정도를 결정하기 위한 기준 값을 설정하는 과정이 필요하다. 종합인과행렬(T)에서, 기준 값보다 큰 값만을 선택하여 인과관계 그래프에 나타내며, 기준 값은 종합인과행렬의 각 값을 평균하여 산출한다. 그래프는 각 값에 대해 종합강도(D+R) 데이터를 X축으로 하고, 순위위치(D-R) 데이터를 Y축으로 설정하여 상호 1대 1로 맵핑시켜 작성한다.

### 3. 생산성 저하요인 선정 및 분석

#### 3.1 요인 도출 및 최종 선정 과정

건설 산업의 생산성을 다루는 연구에서 주로 활용되는 생산성 저하요인을 도출하기 위해, 관련 선행 연구 및 문헌을 조사·분석하여 1차 요인 항목을 도출하였다. 이후 마케팅 분야의 정성적 연구 방법으로 활용되는 표적집단면접법(FGI, Focus Group Interview) 기법을 활용하여 1차 요인 항목 중 유사 의미의 요인들을 분류하고, 그 요인들의 의미를 통합 및 정의하는 과정을 수행하여 건축현장의 생산성 저하요인을 최종 도출하였다. FGI는 건축공사 현장관리 경험이 있는 전문가를 대상으로 실시되었으며, 본 연구에서 수행된 FGI 기법에 대한 내용은 <Table 2>과 같다.

Table 2. Summary of focus group interview

Type	Contents		
	Experience	Research	Industry
Experts	Less than 10 years	0	0
	10~15 years	0	0
	15~20 years	1	1
	More than 20 years	0	3
	Total	1	4
Discussion time	3 hours		

최종적으로 도출된 건축현장의 생산성 저하요인은 총 10개이며, 도출된 요인 및 각 요인을 도출하기 위해 활용된 선행 연구문헌은 <Table 3>과 같다.

**3.1.1 작업자 숙련도 부족(F1)**

기능인력 조달의 어려움으로 인하여 필요 수준 이하의 기능 인력 채용에 따른 프로젝트 전반의 생산성 저하 현상 및 빈번한 재시공으로 인한 공기지연 등의 문제점이 발생하는 경우를 고려하였다. '3D 업종 기피 현상, 건설 관련 정책적 배려 부족, 공법 소화 역량 부족'등의 원인으로 해당 요인이 발생할 수 있다는 의견이 있었으며, 도출된 요인 중 '작업자 수의 부족, 작업자 숙련도 부족'의 의미를 통합하여 최종 요인으로 선정하였다.

**3.1.2 작업자 동기부여 부족(F2)**

작업자들에 대한 근로조건, 복지조건, 현장 작업환경, 자기개발기회, 관계자간 인적관계 등의 동기부여가 부족하여 작업자 개인의 작업 생산성이 저하되고 전체적으로 현장의 생산성이 저하되는 현상을 고려하였다. 작업자의 생산성에 영향을 받을 수 있는 동기부여 항목은 "임금, 근로시간, 유급

휴일, 직업에 대한 안정성, 4대 보험, 퇴직금 제도, 주거 지원, 교통지원, 경력 대우, 기능교육 참여기회 제공, 인격적 대우" 등으로 조사되었다(Oh, 2014).

**3.1.3 비효율적인 작업조 편성(F3)**

수행 공종의 특성을 반영하지 않고 비효율적인 작업자 배치로 인해 문제점이 발생하는 경우를 고려하였다. 예로, 작업 난이도 및 작업량에 비해 적은 수의 작업자가 배치되어 무리하게 작업이 진행되고 작업자 피로로 인해 노동생산성이 저하되는 경우, 작업조 안 기능공의 수가 보통인부의 수보다 많아 기능 인력이 단순 작업에 필요 이상으로 투자되어 현장의 인적 자원이 비효율적으로 소비되는 경우 등이 있다. 도출된 요인 중 '작업조 팀워크 저조, 무리한 작업 진행' 항목의 의미를 통합하여 최종 요인으로 선정하였다.

**3.1.4 비효율적인 작업 일정 계획(F4)**

작업 간 공종 일정이 잘못 계획되어 작업조 간의 작업동선 방해 등이 발생할 수 있으며, 이로 인해 작업이 비효율적으로 진행되어 생산성 저하로 이어지는 경우가 발생할 수 있다는 의견이 있었다. 도출된 요인 중 '공정계획의 오류, 잘

**Table 3. Identifying areas of Factors with previous studies**

Factors	Advanced Research													
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭
F1	Lack of proficiency	●	●	●		●	●	●		●	●	●	●	●
F2	Lack of Motivation	●	●	●	●	●	●	●		●	●	●	●	
F3	Inefficient workgrouping	●	●				●				●			
F4	Inefficient work schedule planning	●	●	●		●	●	●			●	●	●	
F5	On-site safety management	●	●	●		●		●		●	●		●	
F6	Designs that do not reflect site characteristics	●	●	●			●	●			●	●		●
F7	Poor supervision of construction	●	●	●		●	●	●			●	●		●
F8	Insufficient material management process	●	●	●		●	●	●		●	●	●	●	●
F9	Equipment management process insufficient	●	●	●		●	●	●	●		●	●		●
F10	External factors	●	●	●		●	●	●			●	●		●

① Kim, Y.S. (1994). "Analysis of the Factors Influencing Construction Productivity." Journal of the Architectural Institute of Korea, 10(10), pp. 267-272.  
 ② Son, C.B., and Lee, D.C. (2002). "An Analysis on the Factors Decreasing Productivity of Building Construction." Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction, 18(12), pp. 125-132.  
 ③ Yoo, H.K. (2013). "A Study on the Analysis of Factors Influencing Labor-Productivity using Structural Equation Modeling." MS Thesis, Han-yang Univ., Seoul.  
 ④ Oh, C.D. (2014). "The Development of Work Motivation Assessment Model for Skilled Construction Workers." Ph.D Dissertation, Chung-ang Univ., Seoul.  
 ⑤ Shashank, K., Hazra, S., and Pal K.N. (2014). "Analysis of key factors affecting the variation of labour Productivity in Construction Projects." International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, 4(5), pp. 152-160.  
 ⑥ Heravi, G., and Eslamdoost, E. (2015). "Applying Artificial Neural Networks for Mesuring and Predicting Construction-Labor Productivity." Journal of Construction Engineering and Management, 141(10).  
 ⑦ Jeon, W.G., Lee, S.W., and Kim, J.J. (2017). "Productivity Obstacle Factors Analysis For Overseas Chemical Plant Utilizing the Revised IPA." Korean Journal of Construction Engineering and Management, KICEM, 18(1) pp. 17-26.  
 ⑧ Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology. (2017). "Development of Productivity Improvement Platform for Korean Construction Industry (K-CPIP)." KICT Research Report, 2017-12.  
 ⑨ Gurmu, A.T., and Aibinu, A.A. (2017). "Construction Equipment Management Practices for Improving Labor Productivity in Multistory Building Construcion Projects." Journal of Construction Engineering and Management, 143(10).  
 ⑩ Chaturvedi, S., Jitesh, J. T., and Shankar, R. (2018). "Labor productivity in the Construction Industry: An evaluation framework for causal relationships." Benchmarking: An International Journal, 25(1), pp. 334-356.  
 ⑪ Durdjev, S., Ismail, S., and Kandymov, N. (2018). "Structural Equation Model of the factors Affecting Construction Labor Productivity." Journal of Construction Engineering and Management, 144(4).  
 ⑫ Tam, N.V., Huong, N.L., and Ngoc, N.B. (2018). "FACTORS AFFECTING LABOUR PRODUCTIVITY OF CONSTRUCTION WORKER ON CONSTRUCTION SITE: A CASE OF HANOI." Journal of Science and Technology in Civil Engineering, 12(5), pp. 127-138.  
 ⑬ Hasan, A., Baroudi, B., Elmualim, A., and Rameezdeen, R. (2018). "Factors affecting construction productivity: a 30 year systematic review." Engineering, Construction and Architectural Management, 25(7), pp. 916-937.  
 ⑭ Gurmu, A.T. (2019). "Tools for Measuring Construction Materials Management Practices and Predicting Labor Productivity in Multistory Building Projects." Journal of Construction Engineering and Management, 145(2).

못된 작업계획'의 의미를 통합하고 최종 요인으로 선정하였다.

**3.1.5 현장 안전관리 미흡(F5)**

현장 안전관리 활동이 미흡하여 결과적으로 현장 내 크고 작은 안전재해 발생으로 인해 프로젝트 인력공백, 공기지연, 사기저하 등 문제점을 고려하고자 하였다. '안전 보호구 착용 및 점검 미흡, 안전관리자 역량 및 인원 부족, 안전 시설물 설치 미흡' 등의 의미를 통합하고 최종 요인으로 선정하였다.

**3.1.6 현장 특성을 반영하지 못한 설계(F6)**

현장의 다양한 특성을 고려하지 않아 부적절한 설계도서가 완성되거나 설계도서 검토가 부족함에 따라 착공 후 빈번하게 설계변경이 발생하는 경우 등을 고려하였다. 1차 도출된 요인 중 '설계도서 검토 미흡, 비현실적으로 작성된 설계도서, 설계도서의 오류, 빈번한 설계변경 등' 항목의 의미를 통합하여 최종 요인으로 선정하였다.

**3.1.7 공사감독 미흡(F7)**

현장 관리자의 역량 및 경험 등이 부족하여 의사결정이 지연되거나 잘못된 의사결정이 발생하여 재작업으로 인한 공기지연 등이 발생하는 경우를 고려하였다. 도출된 요인 중 '작업자와의 작업지시 관련 의사소통 미흡, 불필요한 문서업무, 현장 관리자의 경험 및 역량 부족, 작업지시 미흡, 작업지시 승인 지연, 감독 업무 소홀' 항목의 의미를 통합하고 최종 요인으로 선정하고자 하였다.

**3.1.8 자재관리 프로세스 미흡(F8)**

현장에 필요한 건설자재의 조달, 검수, 보관 등 자재관리가 미흡할 경우, 건축물의 품질이 저하되거나 재시공으로 인한 공기지연 등이 발생하여 현장의 생산성이 저하되는 경우를 고려하였다. 1차 도출 요인 중 '자재조달 시기 지연, 저품질 자재 구매, 자재공급 업체의 부족, 자재 반입 시 검수 미흡, 미흡한 자재 보관으로 인한 저품질 자재가 사용되는 경우' 항목의 의미를 통합하고 최종 요인으로 선정하고자 하였다.

**3.1.9 장비관리 프로세스 미흡(F9)**

건설장비 배치계획, 건설장비의 조달, 유지보수 관리 등 장비관리 활동이 미흡하여 비효율적으로 작업이 수행되어 결과적으로 현장의 생산성이 저하되는 경우를 고려하였다. 1차 도출 요인 중 '장비조달 지연, 장비 공급업체의 부족, 부적절한 장비의 구성 및 현장 배치계획, 성능 부족 및 노후 장비 사용, 유지보수 미흡으로 인한 장비의 성능 저하' 항목의 의미를 통합하고 최종 요인으로 선정하고자 하였다.

**3.1.10 현장 운영에 불리한 외부 요인(F10)**

현장 운영에 불리하게 작용할 수 있는 외부 요인이 공중진행에 방해가 되어 결과적으로 공기지연 등으로 인한 생산

성 저하 현상으로 초래하는 경우를 고려하였다. 1차 도출된 요인 중 '규모 및 기간·현장의 입지조건 등의 프로젝트 특성, 소음·분진·진동 등 열악한 작업환경 조성, 폭염·한파 등의 기상현상 발생, 공사로 인한 민원 발생, 공공기관 등의 발주처 재정 상태, 프로젝트 참여 업체 및 노조의 파업' 항목의 의미를 통합하고 최종 요인으로 선정하고자 하였다.

**3.2 요인 간의 인과관계 도출**

**3.2.1 데이터 수집**

DEMATEL 기법을 활용하여 도출된 10개의 건축현장 생산성 저해요인 간의 인과관계 구조분석을 위해 설문조사를 통한 데이터를 수집하였다. 설문지는 총 10개의 요인 항목 간의 인과관계를 5점 척도로 평가하도록 제작하였다. 평가 대상 요인이 다른 요인에 영향을 미치는 정도를 평가하도록 제작하였으며, '해당 요인이 영향력이 없는 경우 0점, 영향력이 있으나 약한 경우 1점, 영향력이 중간 정도일 경우 2점, 영향력이 강한 정도로 있는 경우 3점, 영향력이 매우 강한 정도로 나타날 경우 4점'으로 평가되었다.

Table 4. Summary of survey

Type	Contents		
Experts	Experience	Number of Experts	Rate
	Less than 5 years	9	31.0%
	5 ~ 10 years	6	20.7%
	10 ~ 15 years	5	17.2%
	15 ~ 20 years	6	20.7%
	More than 20 years	3	10.3%
	Total	29	100.0%
Period	2019. 04. 08 ~ 29. (3 weeks)		

본 설문조사는 2019년 4월 8일 ~ 2019년 4월 29일, 총 3주 동안 진행되었고, 건설업 종사자 중 건축공사 현장 관리 경험을 보유하고 있는 인원을 대상으로 설문조사를 수행하였다. 배포된 설문지는 총 40부이며, 32부를 회수하였다. 32부의 설문지 중 이상치 값을 보인 3부의 설문지를 제외하고, 29부의 설문지를 대상으로 DEMATEL 분석을 진행하였다. 설문지의 개요 및 응답자 특성은 <Table 4>와 같다.

**3.2.2 데이터 신뢰도 분석**

수집된 데이터가 통계적인 의미가 있는지를 검증하기 위해 크론바하 알파(Cronbach's Alpha) 계수를 산출하여 수집된 데이터의 신뢰도 분석 및 검증을 수행하였다. 크론바하 알파 계수의 산출 과정은 식 (8)을 통해 산출된다.

$$\alpha = \left( \frac{N}{N-1} \right) \times \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \sigma_i^2}{\sigma_t^2} \right) \quad (8)$$

여기서 N은 설문 문항 수, n은 응답자 수,  $\alpha$ 은 각 문항의 분산,  $\sigma^2$ 은 문항합계의 분산을 의미한다(Huh, 2018).

신뢰도 분석 결과, 크론바하 알파계수( $\alpha$ )는 '0.9330'으로 산출되었다. 크론바하 알파계수는 0과 1 사이의 값을 가지며, 일반적으로 0.6 이상이면 신뢰도가 적정하다고 판단할 수 있다(Jeon et al., 2017). 따라서 본 연구를 통해 수집된 데이터는 높은 수준의 신뢰도를 확보한 것으로 판단된다.

**3.2.3 DEMATEL 기법의 적용**

설문조사를 통해 회수된 32부의 설문지 중에서 이상치 값을 보인 3부를 제외한 29부를 대상으로 DEMATEL 기법의 절차에 따라 인과관계를 분석하였다.

대상 설문지를 참고하여 원시자료 행렬을 작성한 이후 해당 행렬들을 바탕으로 직접인과행렬을 산출하였다. 산출된 직접인과행렬은 <Table 5>과 같다.

다음 단계는 도출된 직접인과행렬을 표준화(Normalization) 하는 과정이다. 직접인과행렬을 앞서 기술한 식 (2), (3)의 과정을 거쳐 표준화한다. 행렬의 각 행, 열의 합을 구한 뒤, 그 중 가장 큰 값으로 행렬 전체를 나누었다. 이와 같은 절차로

표준화된 행렬(X)은 다음 <Table 6>과 같다.

이후 식 (4)를 통해 종합인과행렬(T)을 도출하였으며, 식 (5)와 같은 형태가 산출된다. 산출된 종합인과행렬(T)은 다음 <Table 7>과 같다.

네 번째 단계는 산출된 종합인과행렬로부터 평가지표를 산정하는 과정이다. 영향도(D)는 종합인과행렬에서 각 요인의 행의 값을 합산한 값으로, 해당 요인의 원인자적 성격을 나타낸다. 피영향도(R)는 종합인과행렬에서 각 요인의 열의 값을 합산한 값으로, 해당 요인이 결과자적 성격을 나타낸다. 종합강도(D+R)는 전체 요인 중 상대적 중요도를 나타내며, 순수위치(D-R)는 원인자 또는 결과자적 성격이 강한 정도를 나타낸다. 종합인과행렬을 바탕으로 각 요인에 대해 도출된 영향도, 피영향도, 종합강도, 순수위치는 다음 <Table 8>와 같다.

마지막으로 DEMATEL 분석의 최종 결과물인 인과관계 그래프 작성을 위해 종합인과행렬의 전체 항목 값을 산술평균하여 기준 값을 설정하였으며, 기준 값은 ' $\gamma=0.4998$ '로 산출되었다.

**Table 5. Direct-Influenced matrix**

Factors		F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
F1	Lack of proficiency	0.0000	2.4828	2.3448	2.4828	2.4138	1.6207	1.8276	1.9655	2.0000	1.9310
F2	Lack of Motivation	1.8621	0.0000	1.9655	1.6552	2.4138	1.0690	1.9655	2.4828	2.0000	1.8276
F3	Inefficient workgrouping	2.1379	2.6207	0.0000	2.7586	2.4483	0.8621	2.1724	2.2414	1.8276	1.6897
F4	Inefficient work schedule planning	1.7931	2.5172	2.7931	0.0000	2.4828	1.0690	2.2069	2.6207	2.2414	1.8966
F5	On-site safety management	1.7241	1.7241	1.7931	1.7241	0.0000	0.7931	2.4483	2.1379	2.3793	2.0345
F6	Designs that do not reflect site characteristics	1.5172	1.8966	2.0000	2.6897	2.1379	0.0000	2.0690	1.8621	1.8621	1.9310
F7	Poor supervision of construction	1.5172	1.7241	2.2069	2.7931	2.8621	1.5862	0.0000	2.7586	2.8276	2.0000
F8	Insufficient material management	1.0345	1.4483	1.7241	2.2414	2.2069	1.4483	1.9655	0.0000	2.2759	1.8276
F9	Insufficient equipment management	1.2414	1.8621	2.1724	2.3793	2.6552	1.4828	1.8621	2.4483	0.0000	1.8966
F10	External factors	1.3448	1.7931	2.0000	2.6207	2.3448	2.0690	2.4483	2.4483	2.4828	0.0000

**Table 6. Normalization matrix**

Factors		F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
F1	Lack of proficiency	0.0000	0.1130	0.1068	0.1130	0.1099	0.0738	0.0832	0.0895	0.0911	0.0879
F2	Lack of Motivation	0.0848	0.0000	0.0895	0.0754	0.1099	0.0487	0.0895	0.1130	0.0911	0.0832
F3	Inefficient workgrouping	0.0973	0.1193	0.0000	0.1256	0.1115	0.0392	0.0989	0.1020	0.0832	0.0769
F4	Inefficient work schedule planning	0.0816	0.1146	0.1272	0.0000	0.1130	0.0487	0.1005	0.1193	0.1020	0.0863
F5	On-site safety management	0.0785	0.0785	0.0816	0.0785	0.0000	0.0361	0.1115	0.0973	0.1083	0.0926
F6	Designs that do not reflect site characteristics	0.0691	0.0863	0.0911	0.1224	0.0973	0.0000	0.0942	0.0848	0.0848	0.0879
F7	Poor supervision of construction	0.0691	0.0785	0.1005	0.1272	0.1303	0.0722	0.0000	0.1256	0.1287	0.0911
F8	Insufficient material management	0.0471	0.0659	0.0785	0.1020	0.1005	0.0659	0.0895	0.0000	0.1036	0.0832
F9	Insufficient equipment management	0.0565	0.0848	0.0989	0.1083	0.1209	0.0675	0.0848	0.1115	0.0000	0.0863
F10	External factors	0.0612	0.0816	0.0911	0.1193	0.1068	0.0942	0.1115	0.1115	0.1130	0.0000

Table 7. Total-Relation matrix

Factors		F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
F1	Lack of proficiency	0.3476	0.5347	0.5511	0.6012	0.6196	0.3598	0.5324	0.5840	0.5608	0.4918
F2	Lack of Motivation	0.3927	0.3917	0.4941	0.5243	0.5722	0.3123	0.4960	0.5578	0.5181	0.4503
F3	Inefficient workgrouping	0.4311	0.5334	0.4481	0.6036	0.6137	0.3257	0.5387	0.5879	0.5481	0.4765
F4	Inefficient work schedule planning	0.4309	0.5454	0.5781	0.5115	0.6350	0.3451	0.5576	0.6212	0.5819	0.5001
F5	On-site safety management	0.3808	0.4568	0.4801	0.5189	0.4646	0.2971	0.5062	0.5367	0.5247	0.4510
F6	Designs that do not reflect site characteristics	0.3943	0.4900	0.5154	0.5849	0.5830	0.2771	0.5190	0.5551	0.5321	0.4712
F7	Poor supervision of construction	0.4300	0.5281	0.5707	0.6409	0.6654	0.3749	0.4810	0.6421	0.6196	0.5173
F8	Insufficient material management	0.3438	0.4333	0.4639	0.5232	0.5396	0.3130	0.4745	0.4325	0.5059	0.4307
F9	Insufficient equipment management	0.3818	0.4860	0.5192	0.5702	0.6003	0.3385	0.5094	0.5752	0.4522	0.4682
F10	External factors	0.4124	0.5170	0.5487	0.6196	0.6297	0.3853	0.5671	0.6148	0.5917	0.4210

### 3.3 종합 분석

영향도(D) 수치는, ‘작업자 숙련도 부족: 5.1830, 작업자 동기부여 부족: 4.7095, 비효율적인 작업조 편성: 5.1068, 비효율적인 작업 일정 계획: 5.3069, 현장 안전관리 미흡: 4.6169, 현장의 특성을 반영하지 못한 설계: 4.9221, 공사감독 미흡: 5.4700, 자재관리 프로세스 미흡: 4.4605, 장비관리 프로세스 미흡: 4.9010, 현장 운영에 불리한 외부요인: 5.3073’의 수치가 산출되었다.

국내 건축공사 현장의 생산성을 저하시키는 요인 중 원인 성격이 큰 요인은 ‘공사감독 미흡(5.4700)’으로 나타났으며, 그 다음 ‘현장 운영에 불리한 외부요인(5.3073), 비효율적인 작업 일정 계획(5.3069), 작업자 숙련도 부족(5.1830)’ 순으로 분석되었다. 반면 ‘자재관리 프로세스 미흡(4.4605), 현장 안전관리 미흡(4.6169), 작업자 동기부여 부족(4.7095)’의 영향도 수치가 비교적 낮게 산출되어 원인으로써의 성격 정도가 낮은 것으로 분석되었다.

피영향도(R) 수치는, 작업자 숙련도 부족: 3.9455, 작업자 동기부여 부족: 4.9164, 비효율적인 작업조 편성: 5.1694, 비효율적인 작업 일정 계획: 5.6981, 현장 안전관리 미흡: 5.9231, 현장의 특성을 반영하지 못한 설계: 3.3288, 공사감독 미흡: 5.1820, 자재관리 프로세스 미흡: 5.7073, 장비관리 프로세스 미흡: 5.4352, 현장 운영에 불리한 외부요인: 4.6783으로 나타났다. 그 중 ‘현장 안전관리 미흡(5.9231)’이 결과적 성격을 가장 크게 갖고 있는 것으로 분석되었으며, 다음으로 ‘자재관리 프로세스 미흡(5.7073), 비효율적인 작업 일정 계획(5.6981), 장비관리 프로세스 미흡(5.4352)’ 순으로 분석되었다.

종합강도 수치는, 작업자 숙련도 부족: 9.1285, 작업자 동기부여 부족: 9.6259, 비효율적인 작업조 편성: 10.2762, 비효율적인 작업 일정 계획: 11.0051, 현장 안전관리 미흡: 10.5400, 현장의 특성을 반영하지 못한 설계: 8.2509, 공사감독 미흡: 10.6520, 자재관리 프로세스 미흡: 10.1678, 장비관

리 프로세스 미흡: 10.3362, 현장 운영에 불리한 외부요인: 9.9856의 수치가 산출되었다.

순수위치 수치는, 작업자 숙련도 부족: 1.2376, 작업자 동기부여 부족: -0.2069, 비효율적인 작업조 편성: -0.0626, 비효율적인 작업 일정 계획: -0.3912, 현장 안전관리 미흡: -1.3062, 현장의 특성을 반영하지 못한 설계: 1.5933, 공사감독 미흡: 0.2880, 자재관리 프로세스 미흡: -1.2468, 장비관리 프로세스 미흡: -0.5342, 현장 운영에 불리한 외부요인: 0.6290의 수치가 산출되었다.

총 10개 요인에서 원인자적 성격을 갖는 것은 4개로 분석되었으며, 강도의 순서는 ‘현장 특성을 반영하지 못한 설계(F6), 작업자 숙련도 부족(F1), 현장 운영에 불리한 외부요인(F10), 공사감독 미흡(F4)’인 것으로 분석되었다. 10개의 요인 중 결과자적 성격을 갖는 것은 6개로 분석되었으며, 강도의 순서는 ‘현장 안전관리 미흡(F5), 자재관리 프로세스 미흡(F8), 장비관리 프로세스 미흡(F9), 비효율적인 작업 일정 계획(F4), 작업자 동기부여 부족(F2), 비효율적인 작업조 편성(F3)’인 것으로 분석되었다.

Table 8. Causal degree and central degree of each index

Factors	Direct (D)	Relation (R)	Prominence (D+R)	Relation (D-R)	
F1	Lack of proficiency	5.1830	3.9455	9.1285	1.2376
F2	Lack of motivation	4.7095	4.9164	9.6259	-0.2069
F3	Inefficient workgrouping	5.1068	5.1694	10.2762	-0.0626
F4	Inefficient work schedule planning	5.3069	5.6981	11.0051	-0.3912
F5	On-site safety management	4.6169	5.9231	10.5400	-1.3062
F6	Designs that do not reflect site characteristics	4.9221	3.3288	8.2509	1.5933
F7	Poor supervision of construction	5.4700	5.1820	10.6520	0.2880
F8	Insufficient material management	4.4605	5.7073	10.1678	-1.2468
F9	Insufficient Equipment management	4.9010	5.4352	10.3362	-0.5342
F9	Insufficient Equipment management	5.3073	4.6783	9.9856	0.6290
F10	External factors	5.3073	4.6783	9.9856	0.6290



### 3.4 우선적 관리 요인의 인과관계 그래프 분석 결과

#### 3.4.1 우선적 관리 요인 선정

본 연구는 국내 건축공사 현장의 생산성 저하요인들에 대해 종합적으로 인과관계를 분석하였으며, 원인자적 성격이 강하며 종합강도(상대적 중요도)가 높은 요인에 대한 우선적인 관리 방안이 필요할 것으로 판단하여 우선적 관리 요인으로 선정하였다. 원인의 성격을 강하게 나타낸 요인은 '현장 특성을 반영하지 못한 설계(F6), 작업자 숙련도 부족(F1), 현장 운영에 불리한 외부요인(F10), 공사감독 미흡(F7)'의 순서로 분석되었으나, '현장의 특성을 반영하지 못한 설계(F6)'요인은 종합강도(상대적 중요도)가 가장 낮아 우선적 관리요인에서 제외하였다.

#### 3.4.2 작업자 숙련도 부족(F1) 인과관계

전체 요인에 대한 작업자 숙련도 부족(F1)의 인과관계를 도식화한 결과는 다음 <Fig. 2>와 같다. 인과관계 분석 결과, 현장 안전관리 미흡(F5)에 매우 강한 정도의 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 또한, 비효율적인 작업 일정 계획(F4), 자재관리 프로세스 미흡(F8) 요인에도 강한 정도의 영향 관계가 있는 것으로 분석되었고, 작업자 동기부여 부족(F2), 비효율적인 작업조 편성(F3), 공사감독 미흡(F7), 장비관리 프로세스 미흡(F9) 요인은 보통 정도의 영향 관계가 있는 것으로 분석되었다.

이는 국내 건축공사 현장에서 작업자의 숙련도가 부족한 것은 현장의 안전관리, 작업 일정 관리, 자재관리에 악영향을 미치는 것으로 판단된다. 기능인력의 수급이 어려운 현재 국내 건설시장에서 인력이 고령화된 인력, 외국인 인력 등으로 대체되면서, 현장의 안전관리, 작업 일정 관리, 자재관리 등의 기본적 개념을 이해하기 힘들기 때문으로 사료된다.

현장에서 발생할 수 있는 안전재해 및 사고는 처리과정에서의 공기지연, 인력공백, 사기저하 등으로 현장 전체의 생산성을 저하시킬 수 있기 때문에, 작업자에 대한 철저한 안전교육 등을 통해 안전재해를 방지할 필요가 있을 것으로 사료된다.

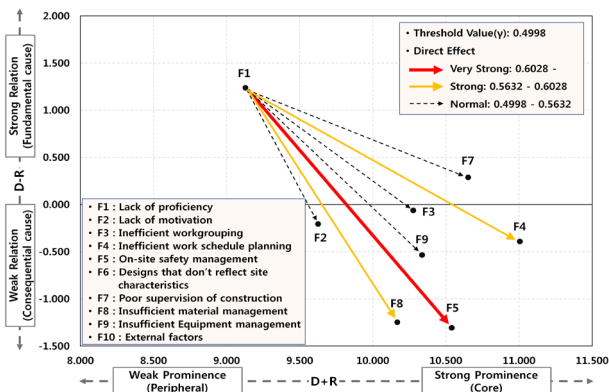


Fig. 2. D+R, D-R Diagram of F1 (Lack of proficiency)

또한, 시공 품질확보를 위해 공중의 단순화 및 표준화와 작업 난이도가 높은 습식공종을 건식공종으로 대체하는 방안을 강구하고, 단순기술 노무 방식에서 경량화, 공장생산화 등을 통해 외국인 및 고령 작업자 등의 기능 정도가 낮은 작업자들이 작업 품질을 확보할 수 있는 근본적 방안 등에 대한 고려가 필요할 것으로 판단된다.

#### 3.4.3 외부요인(F10)의 인과관계

전체 요인에 대한 현장 운영에 불리한 외부요인(F10)의 인과관계를 도식화한 결과는 다음 <Fig. 3>와 같다. 인과관계 분석 결과로는, 비효율적인 작업 일정 계획(F4), 현장 안전관리 미흡(F5), 자재관리 프로세스 미흡(F8) 요인에는 매우 강한 정도의 영향을 미치는 것으로 분석되었고, 공사감독 미흡(F7), 장비관리 프로세스 미흡(F9) 요인에 강한 정도의 영향을, 작업자 동기부여 부족(F2), 비효율적인 작업조 편성(F3) 요인에는 보통 정도의 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

이상의 관계는 국내 건축공사 현장에서의 '소음·분진·진동 등으로 인한 민원발생, 참여업체의 파업, 폭염·돌풍·폭설·폭우 등 기상현상의 발생, 불리한 입지조건' 등의 현장 운영에 불리한 외부 요인이 발생할 경우, 작업 일정 계획, 현장의 안전관리, 장비관리, 자재관리, 현장 감독 등에 영향이 미칠 수 있는 것을 의미한다고 판단할 수 있다. 현장의 외부 요인은 현장 관리 조직의 통제가 어려운 요인이지만, 분석 결과처럼 외부 요인이 다른 요인에게 주는 영향이 강하기 때문에 발생을 방지할 수 있는 방안이 필요하다. 따라서, 현장 관리 조직은 착공 전 단계에서 기존 프로젝트 사례를 참고하여 생산성 관리 계획을 수립할 필요가 있다.

참여업체의 파업은 임금 및 공기대금 지급이 지연되는 경우, 작업 환경이 열악하게 조성되는 경우가 주원인으로, 발생 시 인력, 자재, 장비 등의 조달이 어려워져 공기지연 등으로 이어 질 수 있으며, 이로 인해 현장 전체의 생산성이 저하될 수 있다. 이를 방지하기 위해 최소한의 야간작업, 의료복지 제공, 공사대가 지불 철저 등을 통해 관리조직과 작

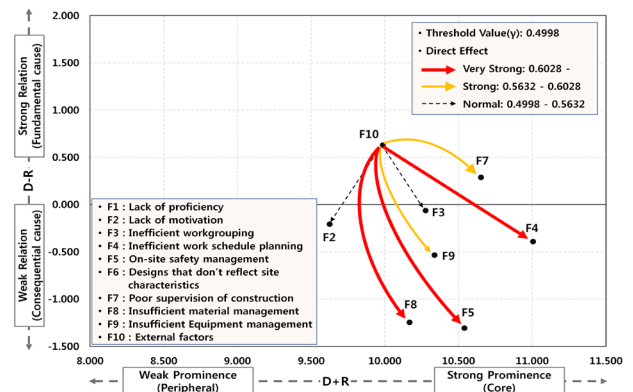


Fig. 3. D+R, D-R Diagram of F10 (External factors)

업자 간의 관계 발전 방안에 대한 우선적 고려가 필요하다 (Shashank et al., 2014).

기상 현상은 불가항력적 요인이지만, 갑작스러운 기상 변화로 인해 발생할 수 있는 손실을 최소화하기 위해 공정 및 자재 계획 등의 사전 계획을 수립할 필요가 있다(Shashank et al., 2014). 또한, 유사 프로젝트 초기 단계에서 실제적인 생산성 관리 방안을 마련하기 위해 기상 현상과 생산성 간의 상관관계 분석을 통한 데이터베이스 구축이 필요하다 (Kim et al., 2004).

### 3.4.4 공사감독 미흡(F7) 요인의 인과관계

전체 요인에 대한 공사감독 미흡(F7) 요인의 인과관계를 도식화한 결과는 다음 <Fig. 4>와 같다. 인과관계 분석 결과로는, 비효율적인 작업 일정 계획(F4), 현장 안전관리 미흡(F5), 자재관리 프로세스 미흡(F8), 장비관리 프로세스 미흡(F9) 요인에 매우 강한 정도의 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 또한, 비효율적인 작업조 편성(F3) 요인에 강한 정도의 영향을 미치는 것으로 분석되었고, 작업자 동기부여 부족(F2), 현장 운영에 불리한 외부요인(F10)은 보통 정도의 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

이상의 관계는, 국내 건축공사 프로젝트에서 관리·감독이 미흡하면, 작업 일정이 비효율적으로 계획될 수 있고, 현장의 안전관리, 건설자재 관리나 장비관리 등의 활동이 미흡하게 수행될 수 있다고 판단된다. 공사감독 미흡(F7) 요인은 다수의 요인에게 강한 정도의 영향을 미치고 있는 것으로 분석되었으며, 이에 따라 현장 관리자의 의사소통 역량, 리더십 역량, 기술응용 역량 확보를 위한 교육 프로그램 참여 독려 및 개인적 노력 등이 필요할 것으로 사료된다.

공사감독은 현장 관리 조직에 의해 이뤄지며, 조직의 리더인 현장소장은 현장에서의 주요 의사결정에 대해 기업으로부터 위임받아, 건설 프로젝트의 성공적인 수행을 위한 대리인 역할을 수행한다. 현장소장은 현장에서 리더이므로, 현장의 공사감독 업무는 현장소장의 경험 및 역량에 따라 좌우된다. 이에 따라, 원활한 현장 관리 및 감독 업무를 위해서

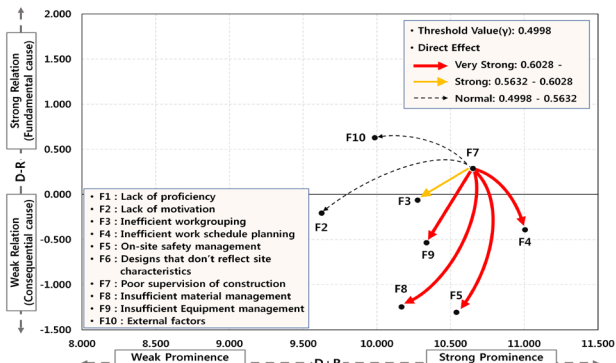


Fig. 4. D+R, D-R Diagram of F7 (Poor supervision of construction)

는, 현장소장의 역량 향상이 요구된다고 판단된다. 현장소장의 역량 향상은 개인의 노력이 가장 우선적으로 고려되어야 할 것으로 판단된다. 개인의 노력 외에도 “현장소장에게로의 권한 위임, 지속적인 교육 및 관리, 조직 문화 개선, 경험전수 체계 구축, 전문가 양성 프로그램 구축” 등과 같은 기업 차원의 지원 및 노력이 필요하며, 개인 성격적 요인과 관련된 역량들은 향상에 대한 노력보다는 도전적인 상황 아래에서 발생하는 어려움, 유혹 등과 같은 행동을 통제하기 위한 방안에 대해 우선적인 고려가 필요하다(Kim et al., 2018).

## 4. 결론

생산성은 산업 및 기업차원에서 경제성장 또는 각 산업의 생산 활동의 효율성을 측정할 수 있는 지표로서 이윤증대 및 국가적 차원에서의 경쟁력 확보 등에 영향을 줄 수 있다. 실질적으로 건설 산업에서의 생산성 향상을 위해서는 영향 요인에 대한 분석이 선행되어야 하며, 거시적인 관점의 국내 건설 산업의 생산성 향상보다는 프로젝트 차원에서의 생산성 향상이 더욱 중요한 의미가 있다.

따라서 본 연구는 프로젝트 차원에서의 생산성에 중점을 두어 국내 건축공사 현장 대상으로 저하요인을 도출하고, 문제의 구조화 연구 방법인 DEMATEL 기법을 활용하여 요인 간 인과관계에 대한 구조분석을 수행하였다. 이를 통해 생산성 향상을 위해 우선적 관리 요인을 도출하고 관련 시사점을 제시하였다.

본 연구 결과는, ‘① 문헌조사 및 실무자 면담을 통한 국내 건축 현장에서의 생산성 저하요인 도출, ② 도출된 요인 간 인과관계 분석, ③ 우선적 관리 요인을 도출하고 이와 관련된 시사점을 제시’가 있다. 이는 비교적 객관적인 DEMATEL 기법을 활용한 문제의 구조화를 통해 요인 간의 원인자적, 결과자적 성격을 정량적으로 분석하여 우선적 관리요인을 도출하였다는 점에서 학술적 의의가 있다고 사료되며, 더불어 국내 건설 기업이 현장의 생산성 향상 방안 마련을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구의 한계점은, 저하요인 선정 시 세부 항목을 포괄적으로 선정하여 세부적인 요인 항목에 대한 고려가 부족한 점이다. 따라서 향후 수행될 연구는, 본 연구에서 선정된 요인에 포함된 하위 항목 간의 관계성을 분석하여 다양한 상황에서 적용할 수 있는 관리 방안을 제시하는 연구가 필요할 것으로 판단된다. 또한, 토목 및 해외 건설사업 등의 생산성 저하요인을 구체적으로 도출 및 문제의 구조분석을 통해 국내 건설 기업이 다양한 프로젝트에서 생산성 관리 및 사업의 다각화를 위한 추가 연구가 수행되어야 할 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 2018년도 정부(교육부)의 재원으로 한국 연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2018R1D1A1B07051055).

## References

- Arditi, D. (1985). "Construction Productivity Improvement." *Journal of Construction Engineering and Management*, 111(1), pp. 1-14.
- Arditi, D., and Mochtar, K. (1996). "Productivity improvement in the Indonesian Construction industry." *Construction Management and Economics*, 14(1), pp. 13-24.
- Chaturvedi, S., Jitesh, J.T., and Shankar, R. (2018). "Labor productivity in the Construction Industry: An evaluation framework for causal relationships." *Benchmarking: An International Journal*, 25(1), pp. 334-356.
- Durdyev, S., Ismail, S., and Kandymov, N. (2018). "Structural Equation Model of the factors Affecting Construction Labor Productivity." *Journal of Construction Engineering and Management*, 144(4), 04018007.
- Gurmu, A.T. (2019). "Tools for Measuring Construction Materials Management Practices and Predicting Labor Productivity in Multistory Building Projects." *Journal of Construction Engineering and Management*, 145(2), 04018139.
- Gurmu, A.T., and Aibinu, A.A. (2017). "Construction Equipment Management Practices for Improving Labor Productivity in Multistory Building Construction Projects." *Journal of Construction Engineering and Management*, 143(10), 04017081.
- HANMIPARSONS & Construction and Economy Research Institute of Korea (CERIK). (2004). "Pilot Study in Korea Construction Performance Benchmarking." Construction & Transportation R&D Report.
- Hasan, A., Baroudi, B., Elmualim, A., and Rameezdeen, R. (2018). "Factors affecting construction productivity: a 30 year systematic review." *Engineering, Construction and Architectural Management*, 25(7), pp. 916-937.
- Heravi, G., and Eslamdoost, E. (2015). "Applying Artificial Neural Networks for Mesuring and Predicting Construction-Labor Productivity." *Journal of Construction Engineering and Management*, 141(10), 04015032.
- Huh, S.M., and Kim, W.J. (2019). "Development of Integrated PMO Framework to Meet Software Product Implementation and Software Process." *The Journal of Korean Institute of Information Technology*, 17(2), pp. 117-131.
- Jeon, W.G., Lee, S.W., and Kim, J.J. (2017). "Productivity Obstacle Factors Analysis For Overseas Chemical Plant Utilizing the Revised IPA." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 18(1) pp. 17-26.
- Jung, Y.H. (2019). "A Study on the Productivity Improvement Plan through the Analysis of the Factors Lowering Productivity in Building Construction." MS Thesis, Seoul National University of Science & Technology, Seoul.
- Kim, D.Y., Kim, H.R., and Jang, H.S. (2018). "An Analysis of the Casual Relations on Construction Project Manager's level Competency." *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, 34(3), pp. 77-86.
- Kim, G.C. (2018). "A Study on the Casual Relations of Construction Project Manager's Competency Using DEMATEL Method." MS Thesis, Seoul National University of Science & Technology, Seoul.
- Kim, S.T., Kim, Y.S., and Jin, S.Y. (2004). "Relationship Between Construction Productivity and the Weather Elements in the Reinforced Concrete Structure for the High-rise Apartment Buildings." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 5(6), pp. 80-89.
- Kim, Y.S. (1994). "Analysis of the Factors Influencing Construction Productivity." *Journal of the Architectural Institute of Korea*, 10(10), pp. 267-272.
- Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology. (2017). "Development of Productivity Improvement Platform for Korean Construction Industry (K-CPIP)." KICT Research Report, 2017-12.
- LEE, J.H. (2018). "(The) current state of electronic commerce and its utilization in North Korea : through focus group interviews with North Korean defectors and in-depth interviews with experts in the field." MS Thesis, Chung-ang Univ., Seoul.
- Marttunen, M., Lienert, J., and Belton, V. (2017).

- “Structuring problems for Multi-Criteria Decision Analysis in Practice: A Literature Review of Method Combinations.” *European Journal of Operational Research*, 263(1), pp. 1-17.
- McKinsey & Company. (2017). “Reinventing Construction: A Route to Higher Productivity.” Research report.
- Noh, D.J. (2004). “A Study on the Forecasting of Library and Information Center with KJ Method.” The Social Science Research Institute Sangmyung University 19, pp. 1-17.
- Oh, C.D. (2014). “The Development of Work Motivation Assessment Model for Skilled Construction Workers.” Ph.D. Dissertation, Chung-ang Univ., Seoul.
- Park, S.H., Soda, O., and Choi, S.Y. (2011). “A Structured Analysis of Urban Decay Problems by DEMATEL – Focused on Nisikawaguchi Area of Saitama Prefecture, Japan-” *Korea Real Estate academy Review*, 46, pp. 321-337.
- Rajesh, A., Nikhil, D., and Vivek, S. (2013). “Interpretive Structural Modelling(ISM) approach: An Overview.” *Research Journal of Management Sciences*, 2(2), pp. 3-8.
- Seo, Y.G. (2010). “Research on the Effects of the Factors Lowering Productivity on Productivity Performance in Construction Industry – in terms of the Perspective between Owner and General Contractor-” MS Thesis, Soongsil Univ., Seoul.
- Shashank, K., Hazra, S., and Pal K.N. (2014). “Analysis of key factors affecting the variation of labour Productivity in Construction Projects.” *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 4(5), pp. 152-160.
- Shin, D.S. (2008). “A critical review of human resource development for women based on gender differences.” *Korea Women's Development Institute*, 75(2), pp. 61-91.
- Shin, H.B., and Kim, T.K. (2008). “A Study on the Selection of Usability Attributes using DEMATEL Method.” *Journal of Digital Design*, 8(2), pp. 321-330.
- Son, C.B., and Lee, D.C. (2002). “An Analysis on the Factors Decreasing Productivity of Building Construction.” *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, 18(12), pp. 125-132.
- Tam, N.V., Huong, N.L., and Ngoc, N.B. (2018). “FACTORS AFFECTING LABOUR PRODUCTIVITY OF CONSTRUCTION WORKER ON CONSTRUCTION SITE: A CASE OF HANOI.” *Journal of Science and Technology in Civil Engineering*, 12(5), pp. 127-138.
- Yoo, H.K. (2013). “A Study on the Analysis of Factors Influencing Labor-Productivity using Structural Equation Modeling.” MS Thesis, Han-yang Univ., Seoul.

---

**요약** : 생산성은 산업차원, 혹은 기업차원에서 경제성장과 각 관련 생산 활동의 효율성을 측정할 수 있는 지표로서 건설 산업에서도 매우 중요한 지표이다. 기술적인 요인이 생산성에 큰 영향을 미치는 것이 사실이지만, 실제적인 건설 산업의 생산성 향상을 위해서는 다양한 생산성 영향요인에 대한 분석이 선행되어야 하며, 거시적인 관점에서 다루어지는 건설 산업 차원에서의 생산성 향상 노력보다는 프로젝트 차원에서의 생산성 향상 노력이 더욱 중요한 의미를 갖는다. 생산성 향상의 효율성을 높이기 위해서는 우선적으로 생산성에 영향을 미치는 요인들에 대한 분석 과정이 필요하며 개선효과가 큰 분야에 집중적으로 투자할 필요가 있다. 본 연구는 건설 산업의 질적 향상을 위해 건축공사 현장에서의 생산성 저하요인 도출 및 요인 간의 인과관계 구조분석을 통해 우선적 관리 요인을 선정함으로써 프로젝트의 효율적인 생산성 관리 활동을 위한 기초자료로 활용할 수 있도록 제공하고자 하였다.

**키워드** : 건설생산성, DEMATEL 기법, 인과관계

---