

도로건설사업 시공단계 성과평가 프레임워크 연구

문준부* · 이강욱^{ID**} · 윤성민^{ID***}

Mun, Junbu*, Lee, Kangwook^{ID**}, Yun, Sungmin^{ID***}

Analysis on Performance Assessment Framework of Construction Phase for Road Construction Projects

ABSTRACT

Road construction projects have a long duration so cost overruns and schedule delays are occurred. However, performance assessment system that can manage and prepare for this in advance is insufficient. In addition, road construction are affected by many factors during under construction. Therefore it is necessary to conduct performance assessment considering the characteristics of roads and prepare for similar projects in the future. The purpose of this study is to provide a framework to evaluate construction phase performance and present a performance management plan using road construction information. Also, This study conducted time adjustment between the start and the finish of the project and developed performance metrics based on absolute and relative indicator. This study analyzed the cost, schedule, and changes of the road project construction process, showing the possibility of advancement of performance assessment and how to use it when planning new road construction projects.

Keywords : Road project, Performance assessment, Post-evaluation, Construction cost index

초록

대규모로 진행되는 도로건설사업에서 비용 초과와 공기 지연이 지속적으로 발생하고 있지만 이를 사전에 관리하고 대비할 수 있는 성과평가 체계 연구는 미흡한 실정이다. 또한 긴 공기를 가진 도로건설사업은 시공과정에서 많은 요인들에 영향을 받기 때문에 도로만의 특성을 고려한 성과평가를 실시하고, 추후 유사한 사업에 대비할 필요가 있다. 따라서 본 연구는 도로건설사업의 시공단계 성과평가 프레임워크를 개발하여 도로건설사업의 성과관리 방안을 제시하고자 한다. 본 연구는 각종 유관기관에서 도로건설사업 시공단계의 정보를 수집하고 속성정보에 따라 데이터 베이스를 구축하였다. 또한 사업의 착공·준공시점 간 시간차에 대해 비용 표준화를 실시하였고, 성과평가를 위한 지표를 도출하여 분석을 실시하였다. 본 연구는 도로건설사업 시공과정의 절대적, 상대적 비용·일정 성과를 정량적으로 분석함으로써 성과평가 연구의 고도화 가능성과 신규 도로건설사업 계획 시 활용방안을 보여준다.

검색어 : 도로건설사업, 성과평가, 성과지표, 사후평가, 건설공사비지수

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

국내에서는 건설사업의 효과적인 성과관리를 위해 사후평가제

도를 도입하여 시행 중에 있다. 총공사비 300억 원 이상의 건설공사를 준공한 발주처들은 사후평가 제도에 따라 준공 후 60일 이내에 계획 대비 실제 공사비, 공기의 증감을 등을 분석하는 사업수행 성과평가를 실시한다. 하지만 규모 및 종류가 다양한 건설사업의

* 정희원 · 한국건설기술연구원 건설정책연구소 사후평가센터 연구원, 공학석사 (KICT·junboo123@kict.re.kr)

** 종신희원 · 한국건설기술연구원 건설정책연구소 사후평가센터 수석연구원, 공학박사 (KICT·klee@kict.re.kr)

*** 종신희원 · 교신저자 · 영남대학교 건설시스템공학과 부교수, 공학박사 (Corresponding Author · Yeungnam University · smyun@yu.ac.kr)

Received June 9, 2023/ revised July 18, 2023/ accepted July 26, 2023

효율적인 성과평가를 위해서는 단위 공사비·공기, 공사비·공기 증감률, 공사비·공기 변동률과 같이 절대적, 상대적 성과 지표가 복합적으로 고려되어야 한다. 특히 공사 규모가 크고, 공기가 긴 도로건설사업은 도로의 특성을 고려한 평가체계 및 평가지표가 필요하다.

도로건설사업은 국도, 고속도로, 지방도를 포함한 건설사업으로써 선행적인 특성을 보인다. 이에 따라 현재 도로건설사업의 단가를 산출하기 위해 사용하는 단위는 사업의 연장을 고려한 원/Km 단위 즉, 단위연장당 비용이다(MOLIT, 2022). 하지만 단위연장당 비용의 경우, 과거 사례를 차로 수 별로 구분해서 통계를 냈기 때문에 차로 수가 다른 사업의 경우 비용, 공사기간 등 사업성과에 대한 직접적 비교가 어렵다(MEPI, 2018). 또한 도로업무편람에서 제시하는 도로건설사업의 표준 공사비는 설계 준공 시점의 데이터로 구성되어 있기 때문에 시공 과정 중 발생하는 비용 초과와 공기 지연에 따른 영향을 고려하지 못하고 있다.

본 연구는 도로건설사업의 공사비와 공기 성과를 절대적, 상대적으로 평가하기 위한 성과 지표를 바탕으로 긴 공사기간에 따른 시간차를 보정한 시공 단계 평가체계를 개발함으로써 도로건설사업의 시공단계 성과평가 프레임워크를 제시하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 각종 유관기관에서 도로건설사업의 시공단계 정보를 수집하여 데이터베이스를 생성하고 연구에 사용하였다. 한국건설기술연구원, 지방국토관리청, 한국도로공사 등 다수의 유관기관으로부터 준공된 건설사업의 감리보고서를 수집할 수 있었다. 이 중 국도, 고속도로, 지방도에 해당하는 272건의 도로건설사업 감리보고서와 함께 건설사업정보시스템(CALS)에 축적된 건설사업 사후평가 데이터를 분석에 활용하였다.

본 연구는 다음과 같은 과정을 통해 연구를 수행하였다. 첫 번째, 건설사업의 성과평가 관련 선행 연구를 고찰하였다. 두 번째, 수집한 도로건설사업 정보를 분석에 필요한 속성정보에 따라 추출하여 데이터베이스화하고 결측치와 이상치 제거, 시간 보정 등 전처리를 실시하였다. 세 번째, 도로건설사업의 성과를 평가하기 위한 비용-일정 성과지표를 도출하고 성과지표에 따라 성과를 측정하였다. 마지막으로 도출된 성과를 분석 및 고찰하였다.

2. 선행연구 고찰

본 연구는 도로건설사업 시공단계의 성과평가 프레임워크 연구를 위해 국내의 건설사업 성과평가 시스템에 대한 실무적인 지침, 제도들과 선행연구들을 고찰하였다.

먼저 국내의 대표적인 건설사업 성과평가 시스템으로는 사후평

가 제도가 있다. 사후평가 제도와 관련된 연구로 Kim and Park (2016)은 건설사업정보시스템 데이터를 바탕으로 국도, 고속도로, 철도, 항만 등 건설공사의 공사비 증감률을 분석함으로써 건설공사 사후평가 수행 데이터의 활용 가능성을 제시하였다. Ok and Yang (2014)은 사후평가 수행 결과를 추후 시행되는 유사한 건설공사에 활용하기 위해 수행 결과에 대한 체계적인 관리를 강조하였다. 또한 Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology(KICT, 2012)는 사후평가 제도의 활용도를 높이기 위한 성과평가 방법론 연구의 필요성을 강조하였다. 그리고 KICT(2020)는 현 사후평가 제도의 발전 방향으로써 세분화하고 다양화된 성과평가 체계 확립 및 활용성 높은 지표 선별, 평가 방법 및 평가 결과에 대한 철저한 관리·운영 체계 구축을 강조하였다.

이와 같이 현재 국내의 건설사업 성과평가 시스템은 성과평가 체계 및 방법의 고도화라는 숙제를 가지고 있다. 본 연구는 건설사업 성과평가 시스템의 고도화를 위한 방안으로 도로건설사업에 특화된 성과지표를 제시하기 위해 도로건설사업 관련 문헌을 고찰하였다.

Korea Research Institute for Human Settlements(KRIHS, 2011)는 도로건설사업의 특성을 고려하여 준공 후 시간적 기한을 두고 성과를 평가하기보다는 주변 도로건설사업 계획과 연계한 사후평가의 시행, 신규, 개량 등 사업 유형별 평가항목의 설정 등을 강조하였다. 그리고 KRIHS(2013)는 도로건설사업인 국도와 고속도로 사업에 대하여 사후평가 결과를 재정리하고 활용 가능성을 검토하여 도로건설사업 사후평가 활용 가이드라인을 마련하였다.

본 연구는 도로의 특성을 고려한 성과평가의 필요성을 확인하였지만 그 연구는 미흡한 것을 확인하였고, 마지막으로 미국 Construction Industry Institute(CII)의 성과평가 시스템 및 관련국의 선행연구들을 통해 성과평가 시스템 고도화 방안에 대해 고찰하였다.

Yun et al.(2016)은 건설사업 전 생애주기에 걸친 성과평가를 위해 수집된 준공 사업 정보를 바탕으로 벤치마크를 도출하고 개별사업들의 성과를 평가하는 것의 중요성을 강조하였다. 이와 함께 10개의 투입(Input) 지표와 산출(Output) 지표를 통해 건설사업의 성과를 사업 단계별로 평가하는 미국 CII 10-10 시스템을 소개하였다. Choi et al.(2016)은 건설 분야 실무자들이 비용 추정, 타당성 분석, 성과 평가 등에 활용할 수 있는 비용 표준화 프레임워크를 제공하였다. 해당 비용 표준화 프레임워크는 서로 다른 시간과 장소에서 실행되는 건설 프로젝트의 비용의 통화, 위치, 물가 등을 표준화함으로써 성과를 비교하고 평가할 수 있도록 하였다. Yun et al.(2016)은 대규모 프로젝트의 성과를 측정하기 위한 정량화된

입력 변수들을 제시하였다. 또한 입력 변수를 활용하여 사업의 성과를 평가한 결과를 사업 분야 및 프로젝트 단계별로 분류함으로써 새로운 벤치마킹 프레임워크를 보여주었다.

국의 선행연구를 고찰한 결과 건설사업 성과평가에 대한 중요성을 인식하고 장기간 축적된 데이터를 활용하여 지표 개발, 비용 표준화 등 고도화된 성과평가 연구들이 수행되고 있는 것을 확인하였다. 하지만 이러한 국외 연구들의 범위는 자국 데이터에 한정되어 있어 국내 건설사업의 특성을 고려한 연구가 필수적이다. 이에 따라 본 연구에서는 실제 국내 도로사업 정보를 활용한 성과평가 프레임워크를 제시하여 앞선 국내 선행연구 고찰을 통해 확인한 국내 성과평가 체계의 미흡한 부분을 보완하고자 한다.

3. 도로건설사업 성과평가 프레임워크의 개발

3.1 도로건설사업 성과평가 프레임워크의 개념

도로건설사업의 성과를 평가하기 위한 프레임워크는 Fig. 1과 같다. 도로건설사업 시공단계의 성과를 평가하기 위해 수집된 사업별 속성정보들은 단위 환산, 시간차 보정 등의 전처리 과정을 거친다. 본 연구에서는 비용 정보를 억 원 단위, 일정 정보를 일 단위로 환산하였으며, 착공시점과 준공시점의 시간차는 건설공사비지수 (Construction Cost Index, CCI)를 활용하여 보정하였다. 그리고 공사비, 공사기간에 대한 성과를 평가하는 과정에서 사업 효율성, 효과성, 변동성에 대한 6개의 성과지표를 활용하였다. 이와 같이



Fig. 1. Performance Assessment Framework Diagram of Construction Phase for Road Construction Projects

계산된 성과점수들을 바탕으로 유사사업대비 성과정도를 파악할 수 있는 분석을 실시하고 그 결과를 시각화하여 제공하였다.

3.2 데이터 수집 및 전처리 방법

본 연구에서는 도로사업 시공단계의 정보를 확인할 수 있는 감리보고서와 건설사업정보시스템의 정보를 속성정보에 따라 수집하였다. 속성정보는 Table 1과 같이 공사 기본정보, 시설정보, 비용정보, 일정정보로 나누어진다. 공사 기본정보는 공사명, 도로 종류, 공사유형, 공사지역, 계약방식, 입찰방식 등 건설공사에서 확인할 수 있는 기본정보를 의미하고, 시설정보는 도로건설사업의 연장과 차로 수 등의 용량 정보와 교량, 터널 연장 정보를 의미한다. 그리고 비용·일정 정보는 착공시점과 준공시점의 공사비, 공사기간 정보를 포함한다.

감리보고서의 경우 보고서에서 확인할 수 있는 속성정보를 추출하였고, 사후평가보고서의 정보가 입력된 건설사업정보시스템 DB에서는 오류값 보정, 이상치 처리 등의 전처리 과정을 수행한 후 필요 속성정보를 추출하였다.

본 연구에서는 건설공사 착공, 준공 시점에 따라 발생하는 시간 차를 보정하기 위해 한국건설기술연구원에서 발표하는 건설공사비 지수를 활용하였다. 건설공사비지수는 생산자 물가지수, 한국은행의 산업연관표, 대한건설협회의 공사부문 시중노임 자료 등을 이용하여 건설공사 직접공사비의 가격변동을 측정하는 지수이다

(KICT, 2022). 현행 지수는 건설관련 기초 통계자료 특성을 고려하여 2015년의 물가를 100으로 지정하고 재료, 노무, 장비 등의 세부 투입자원에 대한 물가변동을 추정하는데 활용될 수 있으며 매월 마지막 날 공표되고 있다. 현행 건설공사비지수의 산식은 Eq. (1)과 같다.

$$E_{cost} = \sum (w_{io} \times \sum p_{ppi} \frac{w_{ppi}}{w_s}) \tag{1}$$

여기서 w_{io} 는 지수에 편제되는 산업연관표 품목별 가중치, p_{ppi} 는 산업연관표 품목에 해당하는 품목(들)의 생산자물가지수, w_{ppi} 는 산업연관표 품목에 해당하는 품목(들)의 생산자물가지수들의 개별 가중치, w_s 는 w_{ppi} 의 합을 나타낸다.

건설공사비지수는 건설, 건물건설 및 건축보수, 토목건설 3개의 상위 업종과 25개의 세부 업종으로 분류되어 있다. 본 연구에서는 국도, 고속도로, 지방도 등 도로건설사업에 대한 시간 보정을 위해 도로시설 건설공사비지수를 적용하였다. 시점은 착공일과 준공일의 중간값으로 설정하고 확정된 CCI 최신값인 2022년 11월을 기준으로 비용을 환산하였다.

3.3 도로건설사업 시공단계 성과지표

본 연구는 도로건설사업을 효율적으로 평가할 수 있는 단위로써 연장과 함께 차로 수를 고려한 Lane-Km 단위를 사용하였다. Lane-Km를 사용한 평가지표는 좀 더 많은 표본을 확보하고 차로

Table 1. Road Projects Construction Phase Database Information

| Category | Attribute | Reference Time |
|----------------------|-----------------------|--------------------------|
| Project Information | Project Name | Construction start date |
| | Road Type | |
| | Project Nature | |
| | Region Classification | |
| | Contract Type | |
| | Bidding Type | |
| Facility Information | Number of Lanes | Construction start date |
| | Length | |
| | Bridge Length | |
| | Tunnel Length | |
| Cost Information | Construction Cost | Construction start date |
| | Construction Cost | Construction finish date |
| Schedule Information | Date of Commencement | Construction start date |
| | Date of Completion | |
| | Construction Duration | |
| | Date of Commencement | Construction finish date |
| | Date of Completion | |
| | Construction Duration | |

Table 2. Road Projects Construction Performance Metrics Definition and Attributes

| Metrics | Definition | Unit | Type |
|-----------------------|---|-------------|----------|
| Efficiency Metrics | | | |
| Cost Efficiency | Construction Cost/Capacity | KRW/Lane-Km | Absolute |
| Schedule Efficiency | Construction Duration/Capacity | Day/Lane-Km | Absolute |
| Effectiveness Metrics | | | |
| Cost Growth | (Actual Cost-Initial Cost)/Initial Cost | % | Relative |
| Schedule Growth | (Actual Duration-Initial Duration)/Initial Duration | % | Relative |
| Variance Metrics | | | |
| Cost Delta Growth | (Actual Cost-Initial Cost)/Initial Cost | % | Relative |
| Schedule Delta Growth | (Actual Duration-Initial Duration)/Initial Duration | % | Relative |

수에 상관없이 사업 간의 비교를 할 수 있다는 장점이 있어 현재 미국, 캐나다 등 주요 국가에서 도로 분야 통계분석에 활용되고 있고, 인도에서는 고속도로의 공식적인 단위로 규정되어있다 (Gupta, 2018).

본 연구는 도로건설사업 시공단계 성과지표를 효율성 지표, 효과성 지표, 변동성 지표로 구분하였다(Table 2). Lane-Km를 활용한 효율성 지표의 경우 착공시점과 준공시점에서 타 도로건설 사업 대비 해당 사업의 비용·일정 성과 정도를 파악하는데 활용될 수 있는 절대적인 지표이며 증감율, 변동폭을 활용한 효과성, 변동성 지표는 시공단계에서 비용·일정의 성과 변화를 파악하는데 활용될 수 있는 상대적인 지표이다(Yun et al., 2016).

3.4 성과 분석 방법

본 연구는 도로사업 시공단계의 성과를 측정하고 평가하기 위해 기술통계 및 Box Plot을 활용하였다. Box Plot을 활용하여 기술통

계량을 도식화함으로써 사업별 성과지표들의 최솟값, 최댓값, 제1사분위수(Q1), 제2사분위수(Q2, 중앙값), 제3사분위수(Q3) 등을 그래프로 파악할 수 있도록 하였다. 이때 Box Plot에 나타나는 변량들 중 평균에 극단적인 영향을 끼치는 값들을 제거하기 위해 IQR(Interquartile Range) 기법을 활용하였다. IQR이란 Box Plot을 활용한 통계분석에서 이상치를 판별하는 기준으로써 Q3에서 Q1을 빼준 값이다. 이 값은 기존 변량의 최솟값, 최댓값 대신 Q1과 Q3에서 1.5IQR만큼 떨어진 위치의 값을 최대치로 재규정하고 그 밖의 범위를 이상치로써 제거하는데 사용된다(Whaley, 2005).

4. 도로건설사업 시공단계 비용·일정 성과 분석

4.1 공사비 성과 분석

비용 성과는 건설공사비지수를 적용하여 착공시점과 준공시점

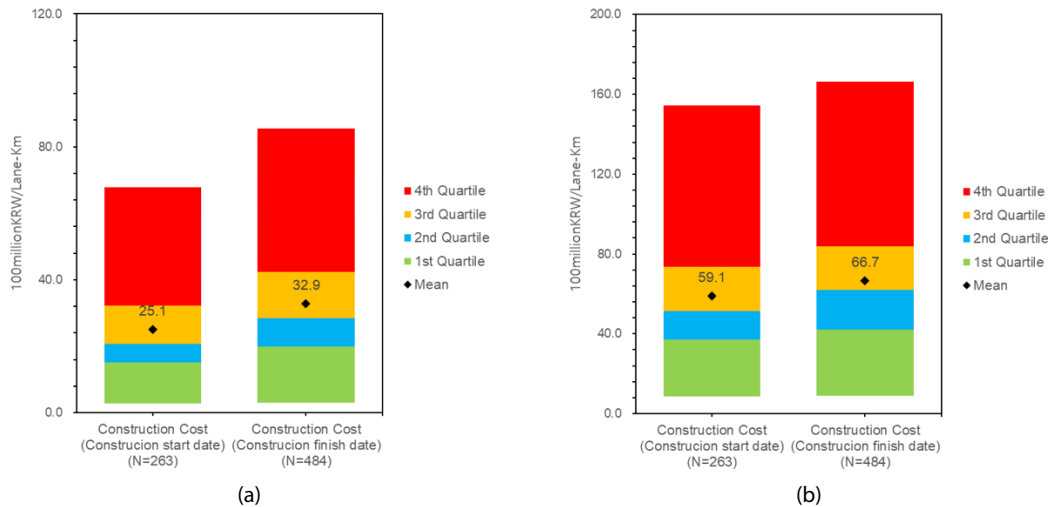


Fig. 2. Before and After Time Adjustment of Construction Cost Efficiency: (a) Before Time Adjustment, (b) After Time Adjustment

Table 3. Descriptive Statistics of Cost Performance Metrics

| Metrics | Unit | N | Mean | SD | Max | Min | Median |
|---|----------------------------|-----|------|------|-------|-------|--------|
| Cost Efficiency (Construction start date) | 100Million KRW /Lane-Km | 263 | 59.1 | 30.0 | 154.5 | 8.8 | 51.4 |
| Cost Efficiency (Construction finish date) | 100Million KRW /Lane-Km | 484 | 66.7 | 31.6 | 166.4 | 9.0 | 62.0 |
| Cost Growth | % | 519 | 21.7 | 15.3 | 64.4 | -19.7 | 20.2 |
| Delta Cost Growth | % | 526 | 22.1 | 14.3 | 63.2 | 0.0 | 20.3 |

의 시간차에 대한 보정을 실시하였다. 건설공사비지수는 2000년부터 현재까지 매월 기준 값이 존재함에 따라 2000년 이전의 도로건설 사업은 시간차 보정 과정에서 제외하였다. 시간차 보정 결과, 착공시점과 준공시점의 단위 공사비 평균은 각각 25.09억원/Lane-Km, 32.87억원/Lane-Km에서 59.15억원/Lane-Km, 66.67억원/Lane-Km으로 증가하였다(Fig. 2). 해당 결과는 과거 도로건설사업 시공 과정에서 발생한 시간차를 보정한 후 2022년 11월을 기준으로 비용 가치를 환산한 값으로써 동일한 물가를 바탕으로 사업 간의 성과 비교 및 평가를 가능하게 한다.

시간차 보정 이후 도로건설사업 시공단계의 효율성, 효과성, 변동성 성과 분석을 실시하였다(Table 3). 분석 결과 착공시점 대비 준공시점에서 1Lane-Km의 도로를 건설하는데 드는 공사비는 평균 59.15억 원에서 66.67억 원으로 증가하는데, 이는 사업이 진행됨에 따라 공사비의 효율성이 감소함을 보여준다. 그리고 착공

시점 대비 준공시점의 공사비는 평균 21.66% 증가, 평균 22.12% 변동하는 것을 확인할 수 있다. 이러한 증감 및 변동은 공사비의 계획 대비 실제 값에서 효율성이 감소하고, 변동성이 발생함을 보여준다. 분석 결과들의 원인을 고찰했을 때, Al-Hazim and Abusalem(2015), Herrera et al.(2020), Kurniawan and Abd Majid(2022)은 설계변경, 자재값 변동, 부적절한 사업 계획 등을 공통적으로 제시하였고, Ammar et al.(2022), Dolage and Dasantha(2022)은 외부요인(정치적 간섭, 물가 변동 등)과 내부요인(프로젝트, 시공 능력 등)으로 구분하여 접근하였다. 또한 본 연구에 활용된 감리보고서, 사후평가보고서를 통해 설계서 결함, 시공 관련 요인(현장여건 반영, 공사계약 관련 변경, 소요자재 수급 관련 변경 등), 외부요인(관계기관 협의, 법정경비 반영, 민원 등) 등 원인을 파악할 수 있다.

사업 관리자는 앞선 분석 결과들을 활용하여 착공시점 유사사업

Table 4. Project-based Cost Efficiency Performance Changes (Unit : 100Million KRW/Lane-Km)

| Construction start date | | | Construction finish date | | | |
|-------------------------|----|-------|--------------------------|----|-------|-------|
| Quartile | N | Mean | Quartile | N | Mean | Ratio |
| Q1 | 64 | 29.0 | Q1 | 51 | 33.4 | 79.7% |
| | | | Q2 | 11 | 45.3 | 17.2% |
| | | | Q3 | 1 | 62.6 | 1.6% |
| | | | Q4 | 1 | 93.9 | 1.6% |
| Q2 | 66 | 43.7 | Q1 | 10 | 40.3 | 15.2% |
| | | | Q2 | 47 | 51.1 | 71.2% |
| | | | Q3 | 9 | 64.0 | 13.6% |
| | | | Q4 | 0 | - | - |
| Q3 | 65 | 62.1 | Q1 | 1 | 41.1 | 1.5% |
| | | | Q2 | 15 | 56.2 | 23.1% |
| | | | Q3 | 43 | 71.8 | 66.2% |
| | | | Q4 | 6 | 88.0 | 9.2% |
| Q4 | 63 | 101.8 | Q1 | 0 | - | - |
| | | | Q2 | 1 | 53.5 | 1.6% |
| | | | Q3 | 12 | 77.1 | 19.0% |
| | | | Q4 | 50 | 114.5 | 79.4% |

대비 성과를 파악하고, 시공 단계에서 해당 성과를 유지하거나, 향상시킬 계획을 수립할 수 있다. 본 연구는 이러한 의사결정을 지원하기 위해 착공시점과 준공시점에서 실제 공사비 성과의 변화 양상을 사업별로 분석하였다(Table 4). 먼저 착공시점대비 준공시점 시분위수(Quartile)별 평균값이 전체적으로 증가하는데, 이는 앞선 효율성 분석에서도 확인했듯이 여러 요인에 의해 시공단계에서 절대적인 공사비가 증가하기 때문이다. 이를 고려하여 유사사업 대비 상대적인 성과 변화 양상에 중점을 두고 분석 결과를 고찰하였다. 전반적으로 과반수의 사업들이 착공시점 유사사업대비 성과가 준공시점까지 유지된다. 이는 착공 시점에서 유사사업대비 공사비 효율성이 좋은 사업들이 준공까지 공사를 잘 진행하는 것으로 판단할 수 있다. 하지만 반대로 다수의 사업들이 착공시점의 미흡한 계획 성과를 준공시점까지 보완하지 못하는 것으로 판단할 수 있다. 이러한 분석 결과는 공사비의 효율성 측면에서 시공 단계 비용 관리의 필요성을 보여준다.

4.3 공사기간 성과 분석

일정 성과의 분석 결과는 현재 도로건설사업의 일정관리가 효율성, 효과성, 변동성 모든 측면에서 매우 미흡하다는 것을 정량적으로 보여준다(Table 5). 착공시점의 단위당 공사기간은 평균 64.54일/Lane-Km, 준공시점의 단위 공사기간은 평균 102.04일/Lane-Km이며 착공시점 대비 준공시점의 실제 공사기간은 평균 49.53% 증가, 평균 50.94% 변동하였다. 이러한 공기 지연의 원인으로 Kaliba et al.(2009), Anigbogu et al.(2019)은 비용 관리의 실패를 제시하였다. 이는 비용과 일정의 통합적인 관리 체계가 필요함을 보여준다. 또한 본 연구에 활용된 감리보고서, 사후평가보고서를 통해 공기 지연에 영향을 미치는 요인으로는 정책 및 사업 계획의 변경을 주로 확인할 수 있었다. 해당 요인은 정책 및 제도적 변화와 발주청 내부사항 및 재정 상태의 변화를 반영하며 시공 단계 성과에 시공시뿐만 아니라 발주청의 역량이 영향을 미친다는 것으로 판단할 수 있다.

Table 5. Descriptive Statistics of Schedule Performance Metrics

| Metrics | Unit | N | Mean | SD | Max | Min | Median |
|--|-------------|-----|-------|------|-------|-------|--------|
| Schedule Efficiency (Construction start date) | Day/Lane-Km | 422 | 64.5 | 38.6 | 182.8 | 1.4 | 54.2 |
| Schedule Efficiency (Construction finish date) | Day/Lane-Km | 559 | 102.0 | 54.7 | 261.9 | 1.8 | 91.7 |
| Schedule Growth | % | 531 | 49.5 | 48.3 | 190.2 | -94.8 | 40.9 |
| Delta Schedule Growth | % | 529 | 50.9 | 46.1 | 184.3 | 0.0 | 42.1 |

Table 6. Project-based Schedule Efficiency Performance Changes (Unit : Day/Lane-Km)

| Construction start date | | | Construction finish date | | | |
|-------------------------|-----|-------|--------------------------|----|-------|-------|
| Quartile | N | Mean | Quartile | N | Mean | Ratio |
| Q1 | 105 | 24.4 | Q1 | 81 | 36.7 | 77.1% |
| | | | Q2 | 21 | 72.9 | 20.0% |
| | | | Q3 | 3 | 106.6 | 2.9% |
| | | | Q4 | 0 | - | - |
| Q2 | 107 | 45.4 | Q1 | 34 | 53.8 | 31.8% |
| | | | Q2 | 53 | 74.3 | 49.5% |
| | | | Q3 | 19 | 106.1 | 17.8% |
| | | | Q4 | 1 | 140.3 | 0.9% |
| Q3 | 103 | 67.4 | Q1 | 6 | 49.5 | 5.8% |
| | | | Q2 | 39 | 77.1 | 37.9% |
| | | | Q3 | 44 | 110.4 | 42.7% |
| | | | Q4 | 14 | 154.2 | 13.6% |
| Q4 | 100 | 121.2 | Q1 | 0 | - | - |
| | | | Q2 | 3 | 89.7 | 3.0% |
| | | | Q3 | 33 | 111.3 | 33.0% |
| | | | Q4 | 64 | 179.3 | 64.0% |

공사기간 성과의 변화 양상을 사업별로 분석한 결과 공사비 성과에 비해 변화 정도가 큰 것을 확인할 수 있다(Table 6). 착공시점 Q2, Q3에 성과가 위치한 사업들의 과반수가 준공시점에서 성과가 변화하였고, 착공시점 Q1, Q4에 성과가 위치한 사업들은 대부분 준공시점까지 그 성과가 유지된다. 이러한 분석 결과는 건설사업 시공 단계에서 일정관리의 필요성을 정량적으로 보여주며 건설사업 이해관계자들은 시공 단계 계획 시 유사사업대비 성과를 파악하고 준공시점에서의 성과 변화 정도를 예측할 수 있다. 또한 효율성이 향상된 사업을 벤치마킹하여 공기 단축 계획을 세우거나 효율성이 저하된 사업을 통해 시공 단계에서 발생하는 리스크에 대비할 수 있다.

5. 결론

본 연구는 국내의 건설사업 성과평가 관련 선행 문헌을 고찰하고 도로건설사업 성과평가 시스템 고도화의 필요성을 확인하였다. 이에 따라 각종 유관기관에서 실제 도로건설사업 시공단계의 정보를 수집하고, 시공단계에서 효율적인 성과평가 프레임워크 제시를 위한 분석을 실시하였다. 분석 결과 착공시점 계획 대비 실제 준공시점의 비용·일정 성과를 효율성, 효과성, 변동성 측면에서 확인할 수 있었다. 공사비, 공사기간 모두 효율성과 효과성이 감소하였고 큰 변동성을 보였다. 그리고 관련 자료들을 통해 설계변경, 발주기관 예산 부족, 용지 보상 지연 등등 그 이유를 유추할 수 있었다.

본 연구는 분석 과정에서 도로건설사업의 긴 공사기간에 따른 시간차를 보정함으로써 동일한 물가에서 사업의 비용 성과를 비교할 수 있도록 하였다. 또한 시공단계의 성과를 정량적으로 평가할 수 있는 지표를 제시하였다. 이러한 분석 과정은 도로건설사업의 성과평가 연구의 고도화 가능성을 제시하였으며, 분석 결과는 건설사업의 이해관계자들이 시공단계에서 비용·일정 계획을 수립하는데 활용할 수 있다는 점에서 의의가 있다.

향후 연구에서는 본 연구의 정량적인 성과평가 결과를 도로건설사업 시공단계의 비용·일정 변동 요인, 즉 지반 조건, 공법 변경 등 세부적인 변수와 연계함으로써 효율적인 성과관리를 위한 Best Practice를 제시하고자 한다.

Acknowledgements

This research was supported by National R&D Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by Ministry of Science and ICT (NRF-2020R1F1A1070612) and was also supported by Korea Institute for Advancement of Technology (KIAT) grant funded by the Korea Government (MOTIE) (P0008475).

ORCID

Kangwook Lee  <https://orcid.org/0000-0003-4170-2888>
Sungmin Yun  <https://orcid.org/0000-0002-7396-5917>

References

- Al-Hazim, N. and Abusalem, Z. (2015). "Delay and cost overrun in road construction projects in Jordan." *International Journal of Engineering & Technology*, SPC, Vol. 4, No. 2, pp. 288-293, <https://doi.org/10.14419/ijet.v4i2.4409>.
- Ammar, T., Abdel-Monem, M. and El-Dash, K. (2022). "Risk factors causing cost overruns in road networks." *Ain Shams Engineering Journal*, Elsevier, Vol. 13, No. 5, 101720, <https://doi.org/10.1016/j.asej.2022.101720>.
- Anigbogu, N. A., Ahmad, Z. B. and Molwus, J. J. (2019). "Cost overruns on federal capital territory authority road construction projects." *FUTY Journal of the Environment*, AJOL, Vol. 13, No. 1, pp. 1-14.
- Choi, J. Y., Yun, S. M. and de Oliveira, D. P. (2016). "Developing a cost normalization framework for phase-based performance assessment of construction projects." *Canadian Journal of Civil Engineering*, Canadian Science Publishing, Vol. 43, No. 12, pp. 1075-1086, <https://doi.org/10.1139/cjce-2016-0223>.
- Dolage, D. A. R. and Dasantha, O. M. C. (2022). "Critical factors affecting cost overrun in foreign funded road construction projects in Sri Lanka: A Case Study of Road Development Authority and Provincial Road Development Authorities." *Engineer*, The Institution of Engineers, Sri Lanka, Vol. 55, No. 2, pp. 21-30, <https://doi.org/10.4038/engineer.v55i2.7505>.
- Gupta, M. D. (2018). *Now, New Concept to Measure Length of Highways From April 1*. Available at: <https://www.hindustantimes.com/india-news/now-new-concept-to-measure-length-of-highways-from-april-1/story-Q44qGgFzI4DsAPv5OIG0YI.html> (Accessed: June 8, 2023).
- Herrera, R. F., Sánchez, O., Castañeda, K. and Porras, H. (2020). "Cost overrun causative factors in road infrastructure projects: A frequency and importance analysis." *Applied Sciences*, MDPI, Vol. 10, No. 16, 5506, <https://doi.org/10.3390/app10165506>.
- Kaliba, C., Muya, M. and Mumba, K. (2009). "Cost escalation and schedule delays in road construction projects in Zambia." *International Journal of Project Management*, Elsevier, Vol. 27, No. 5, pp. 522-531, <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2008.07.003>.
- Kim, T. Y. and Park, H. S. (2016). "Effective analysis framework for construction post evaluation." *KSCE Journal of Civil and Environmental Engineering Research*, KSCE, Vol. 36, No. 6, pp. 1145-1152, <https://doi.org/10.12652/Ksce.2016.36.6.1145> (in Korean).
- Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology (KICT). (2012). *A Study on the Improvement of Post Evaluation Scheme for Construction Projects* (in Korean).

- Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology (KICT). (2020). *A Trend of Performance Assessment System of Construction Projects* (in Korean).
- Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology (KICT). (2022). *Construction Cost Indices* (in Korean). Available at: <https://cost.kict.re.kr/#/notice/file/detail/34178;page=0;category=index> (Accessed: February 2, 2023).
- Korea Research Institute for Human Settlements (KRIHS). (2011). *Efficient Application of Post Evaluation Scheme for Road Projects* (in Korean).
- Korea Research Institute for Human Settlements (KRIHS). (2013). *A Study on the Utilization Guidelines for Post Evaluation of Road Projects* (in Korean).
- Kurniawan, D. and Abd Majid, M. Z. (2022). "Critical risk factor affecting cost overrun in highway project of west sumatera." *Proceedings of IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Vol. 1022, 012013, <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1022/1/012013>.
- Midwest Economic Policy Institute (MEPI). (2018). *A Comparison of Highway Construction Costs in the Midwest and Nationally*.
- Ministry of Land Infrastructure and Transport (MOLIT). (2022). A manual of road operations (in Korea). Available at: http://www.molit.go.kr/USR/policyData/m_34681/dtl.jsp?search=&srch_dept_nm=&srch_dept_id=&srch_usr_nm=&srch_usr_titl=Y&srch_usr_cntn=&search_regdate_s=&search_regdate_e=&psize=10&s_category=&p_category=&lcmspage=1&id=4632 (Accessed: April 17, 2023).
- Ok, H. and Yang, S. H. (2014). "Development of the construction post-evaluation system in public construction projects." *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, KAIS, Vol. 15, No. 12, pp. 7364-7371, <https://doi.org/10.5762/KAIS.2014.15.12.7364> (in Korean).
- Whaley III, D. L. (2005). *The interquartile range: Theory and estimation*, Msc. Thesis. East Tennessee State University.
- Yun, S. M., Choi, J. Y., de Oliveira, D. P., Mulva, S. P. and Kang, Y. C. (2016). "Measuring project management inputs throughout capital project delivery." *International Journal of Project Management*, Elsevier, Vol. 34, No. 7, pp. 1167-1182, <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2016.06.004>.