

도로건설공사 공사비·공사기간 증감요인 분류체계 표준화 연구

문준부* · 이주희** · 백승원*** · 이강욱**** · 윤성민*****

Mun, Junbu* · Lee, Juhui** · Baek, Seungwon*** · Lee, Kangwook**** · Yun, Sungmin*****

Standardization of Factors Classification Associated with Cost and Schedule Variations in Road Construction Projects

ABSTRACT

Various studies has tried to unveil causes of cost overrun and schedule delay in the road construction project. However, these causes need standardization due to difference by guidelines, relevant research, and facilities. Therefore, this study identifies and elaborate standard road construction cost and schedule variation factors that can be used in the planning and execution of the project. variation factors have been derived and grouped through literature review and modified and supplemented through expert interview. In addition, the connection with the relevant guidance factors is confirmed and the usability is reviewed by applying actual road construction cases. The factors suggested in this study comprehensively include factors of related guidelines and previous research, more clearly distinguishing, support decision making.

Keywords : Cost and schedule variation factors, Road construction project, Standardization

초록

건설공사의 공사비 초과 및 공기 지연에 대한 원인 파악을 위해 공사비·공사기간 변동 요인을 조사하고, 이를 분석·관리하기 위한 노력이 이루어지고 있다. 하지만 이러한 변동 요인들은 관련 지침, 관련 연구, 시설물별로 매우 다양하여 표준화된 정보 수집 분석·관리체계의 필요성이 대두된다. 따라서 본 연구는 사업의 계획 및 진행단계에서 활용 가능한 표준 도로건설공사 공사비·공사기간 증감요인 분류체계를 제시하고자 한다. 본 연구는 국내·외 문헌 고찰을 통해 공사비·공사기간 증감요인을 도출 및 그룹핑한 후 전문가 자문을 통해 수정, 보완하였다. 또한 관련 지침 요인들과 연계성을 확인하고 실제 도로건설공사 사례를 적용하여 활용성을 검토하였다. 본 연구에서 제시한 표준 도로건설공사 공사비·공사기간 증감요인 분류체계는 관련 지침 및 연구들을 포괄적으로 포함하고, 증감요인을 더 명확히 구분하는 것을 확인하였으며, 실무적인 의사결정을 지원할 것으로 기대된다.

검색어 : 공사비·공사기간 증감요인, 도로건설공사, 표준화

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

국내 사후평가 제도는 건설기술진흥법에 의거하여 건설공사의

공사비·공사기간 변동 요인을 조사하고 있으며, 이를 분석·관리하기 위한 노력을 지속하고 있다(KICT, 2020). 또한 국가재정법에 따라 시행되는 「총사업비 관리지침」은 물가상승률, 현장여건 변동, 민원사항, 법정경비 반영 등의 체계적인 사업비 증가 요인을

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

** 정희원 · 영남대학교 건설시스템공학과 박사과정, 공학석사 (Yeungnam University · lhj0705@yu.ac.kr)

*** 정희원 · 연세대학교 건설환경공학과 박사후연구원, 공학박사 (Yonsei University · baeksw@yonsei.ac.kr)

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

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

Received August 8, 2023/ revised October 18, 2023/ accepted November 1, 2023

제시하고 있다(Kim and Kim, 2013). 하지만 공사비·공사기간 변동요인은 관련 지침, 관련 연구, 시설물별로 매우 다양하며, 실제 건설공사의 구체적인 공사비·공사기간 변동 요인에 대한 산업 차원의 정보 수집 분석·관리체계는 미흡한 실정이다. 특히, 공사비·공사기간 변동요인 관련 이슈로 요인별 공사비·공사기간 측정의 어려움, 데이터 수집의 한계, 변경 요인에 대한 설명 부족, 분석 가이드라인 부족 등의 한계가 지적되어왔다(Na et al., 2022).

건설공사는 도로, 항만, 철도, 건축 등 그 시설물 유형에 따라 시설용량, 현장여건, 공사수행 공법 등이 상이하다. 또한 프로젝트 특성에 따라 공사비 초과를 발생시키는 요인들도 다양하다(Huo et al., 2018). 즉 시설물 및 프로젝트 특성을 고려하여 공사비·공사기간 증감요인을 규명할 필요가 있다. 특히 도로건설공사는 증감요인 중 증가요인에 영향을 받으며, 역사적으로 많은 비용 초과가 발생하였다(Creedy et al., 2010). 뿐만 아니라 2021년 기준 예비타당성조사 선정 도로사업은 139건으로(KDI, 2021), 도로건설공사의 계획이 꾸준히 수립되고 있어 공사비·공사기간 증감요인 파악을 통해 선제적인 사업 관리 방안을 마련할 필요가 있다.

이에 따라 본 연구는 문헌고찰 및 전문가 자문 과정을 거쳐 도로건설공사의 공사비·공사기간 증감요인을 표준화하고, 실제 사례 적용을 통한 활용성을 검토함으로써 사업 계획 및 진행단계에서 리스크 항목으로써 활용 가능한 표준 공사비·공사기간 증감요인을 제시하고자 하였다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 문헌고찰 및 전문가 자문 과정을 통해 표준 도로건설공사 공사비·공사기간 증감요인 분류체계를 제시하고 사례 분석을 통해 활용성을 검토하였다.

먼저 도로건설공사의 공사비·공사기간 증감요인 선행연구 및 관련 지침을 고찰하였다. 선행 연구는 도로건설공사의 공사비, 공사기간을 독립변수로써 증감요인을 도출한 국내·외 연구를 대상으로 조사하였으며, 관련 지침은 국내에서 시행되고 있는 공사비·공사기간 증감요인 관련 「총사업비 관리지침」, 「건설공사 사후평가 시행지침」을 대상으로 조사하였다. 그리고 본 연구는 국내·외 건설사업관리 분야 학계 및 업계 전문가 10인을 대상으로 표준 도로건설공사 공사비·공사기간 증감요인 분류체계에 대한 자문을 실시하여 수정 및 보완하였다.

추가로 본 연구에서는 선행연구를 통해 도출한 요인, 관련 지침, 표준 증감요인 분류체계에 코드를 부여하고 일치하는 항목에 대하여 연계하는 과정을 수행하였다. 또한 실제 도로건설공사 관련 보고서를 활용하여 공사비·공사기간 변동 요인을 확인하고 표준 증감요인 분류체계와 연계함으로써 활용성을 검토하였다.

2. 문헌 고찰

2.1 국내 외 선행연구

본 연구는 표준 도로건설공사 공사비·공사기간 증감요인을 개발하기 위해 도로건설공사의 공사비와 공사기간 관련 설계변경, 리스크에 대한 국내·외 선행연구를 고찰하였다(Table 1).

먼저 국내 선행연구로써 Lee(2013), Yoon(2009), Woo et al. (2012)은 도로건설공사의 공사비 변동 요인 및 생산성에 대해 연구하여 사업계획의 변경이나 설계변경 등의 변동 요인을 제시하고, 이를 사업참여자별(발주자, 설계자, 시공자, 감리자), 사업단계별(계획, 설계, 시공), 외부요인 등으로 구분하였다.

다음으로 국외 선행연구로써 Seboru(2015), Aziz and Abdel-Hakam(2016), Elawi et al.(2016), Santoso and Seoeng (2016), Alfakhri et al.(2017)은 공사기간 증가에 영향을 주는 요인을 도출하였으며 이 요인들에 대한 상대적 중요도를 분석하였다. 해당 연구들은 모두 발주처와 시공사의 역량 및 자금 조달과 관련된 요인들을 도출하였고, 높은 중요도를 보이는 것을 확인하였다. 이는 공사비 초과 및 공기 지연이 독립적으로 발생하는 것이 아닌 서로 영향을 끼치는 것을 보여준다.

그리고 Creedy et al.(2010), Zafar et al.(2016), Sohu et al. (2017), Anigbogu et al.(2019), Akinradewo et al.(2022), Ammar et al.(2022), Chamuwange and Ning(2022), Kumiawan et al.(2022)는 문헌고찰, 설문, 인터뷰 등의 방법을 활용하여 공사비 증가에 영향을 주는 요인을 도출하였다. 대부분의 연구에서 설계 변경, 사업 계획 변경을 가장 주요한 요인으로 도출하였으며 현장 여건과 관련된 요인들도 다수 확인되었다.

또한 Kaliba et al.(2009), Al-Hazim and Abusalem(2015), Akal et al.(2017)은 공사비와 공사비 증가요인을 함께 연구함으로써 공사비 및 공사기간 요소의 통합적인 관리를 강조하였다.

전술한 바와 같이 도로건설공사의 공사비·공사기간 증가에 영향을 미치는 요인들을 도출하고 분류하는 연구는 오랜기간 지속적으로 수행되었다. 기존 20개 선행연구에서 제시한 변동 요인들 중 사업 계획 변경 요인은 13개, 발주자 관련 이슈 요인은 12개, 설계 누락 및 오류 요인, 시공사 관련 이슈 요인은 10개 연구에서 확인할 수 있었다. 하지만 그 외의 요인들은 약 1~6개 정도로 나타난다. 이처럼 국내·외 선행연구들에서 도출한 각각의 도로건설공사 공사비·공사기간 증감요인은 몇몇의 주요한 요인들을 제외하곤 프로젝트 특성에 따라 매우 다양하게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 본 연구에서는 이와 같이 다양하게 나타나는 증감요인을 포괄적으로 포함하는 표준 증감요인 분류체계를 제시하고자 한다.

Table 1. Variation Factors Related to Cost Overrun and Schedule Delay in Previous Studies

Factors	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	Code
Project plan changes	V	V	V	V			V	V			V		V	V	V	V	V	V			㉑
Regulation and policy changes											V	V		V				V			㉒
Owner related issues	V	V		V	V			V	V		V					V	V	V		V	㉓
Land acquisition and compensation	V																				㉔
Design errors	V		V			V			V				V	V	V		V	V	V		㉕
Different site condition	V	V	V						V	V				V							㉖
Construction supervision issues							V				V				V			V			㉗
Contract related issues	V		V				V						V				V	V			㉘
Contractor related issues	V	V			V	V	V			V			V				V	V		V	㉙
Subcontractor related issues										V					V						㉚
Materials related issues		V			V									V			V	V		V	㉛
Equipment related issues					V					V								V		V	㉜
Change construction methods and technical issues						V							V					V			㉝
Site condition related changes		V					V	V								V			V		㉞
Change of the related agencies and expenses stipulated by law	V					V		V		V										V	㉟
Compliant and conflict related changes	V			V											V			V			㊱
Force majeure, such as natural disasters				V			V											V	V		㊲

- A Lee(2013) D Aziz&Abdel-Hakam(2016) I Creedy et al.(2010) M Akinradewo et al.(2022) Q Kurniawan et al.(2022)
 B Yoon(2009) F Elawi et al.(2016) J Zafar et al.(2015) N Ammar et al.(2022) R Kaliba et al.(2009)
 C Woo et al.(2012) G Santoso&Soeng(2016) K Sohu et al.(2017) O Chamuwange&Ning(2022) S Al-Hazim&Abusalem(2015)
 D Seboru(2015) H Alfakhri et al.(2017) L Anigbogu et al.(2019) P Dolage&Dasantha(2022) T Akal et al.(2017)

2.2 국내 관련 지침

본 연구는 추가적으로 현재 국내에서 사용되는 공사비-공사기간 관련 지침들을 고찰하여 특성을 파악하고 표준 도로건설공사 공사비-공사기간 증감요인에 반영하였다. Table 2, Table 3은 「총사업비 관리지침」 및 「건설공사 사후평가 시행지침」 내용을 각각 발췌한 것이며 두 표의 코드는 각각의 요인들을 구분하기 위한

용도로 본 논문에서 임의로 부여하였다.

「총사업비 관리지침」은 국가의 예산 또는 기금으로 시행되는 대규모 사업의 총사업비를 합리적으로 조정·관리함으로써 재정지출의 효율성을 제고함을 목적으로 한다(MOEF, 2022). 해당 지침의 붙임2, 붙임3을 통해 「총사업비 관리지침」에서 규정하는 설계변경 분류유형과 지율조정 세부항목을 확인할 수 있다. 「총사

Table 2. Part of Total Project Cost Management Guidelines 1(MOEF, 2022)

Cost type	Change order type	Factor	Code
Construction Cost	Quantity variation due to expenses stipulated by law	8 factors including the cost of trial digging/excavation cultural properties	a1
	Quantity variation due to complaints	26 factors including the construction of converting earthwork sections into bridges	a2
	Quantity variation due to changes in site condition	40 factors including road, safety facilities	a3
	Contract related issues	3 factors including the difference between the estimation cost and the determined price	a4
	Escalation	3 factors including material price variation	a5
	Detailed design results	2 factors including the reflection of Working Design results	a6

Table 3. Part of Total Project Cost Management Guidelines 2(MOEF, 2022)

Category		Factor	Code
Except for the limited cost of self-adjustment	Construction Cost	Price fluctuation	b1
		Changes in government supplied material costs	b2
		Diesel tax fluctuation	b3
		Difference between the estimation cost and the determined price	b4
		Emergency response	b5
		All consignment project cost	b6
Within the limited cost of self-adjustment	Change order reflecting expenses stipulated by law	7 factors including the cost of trial digging/excavation cultural properties	c1
	Change order due to reinforcement of safety facilities	Reinforcement of safety facilities	c2
	Change order due to unexpected site conditions (Common Factors)	7 factors including Reinforcement of slopes	c3
	Change order due to unexpected site conditions (Facility-specific factors)	5 factors including Road	c4

업비 관리지침」의 설계변경 유형은 크게 12개로 나뉘며 세부 유형과 그 예시로 총 98개가 존재한다. 그리고 자율조정 세부항목은 자율조정한도액 내·외에 따라 구분되고 7개의 비용 분류, 33개의 유형 및 예시가 존재한다.

본 연구는 「총사업비 관리지침」 중 시설부대경비, 보상비, 설계비, 감리비 등 총사업비의 구성항목을 제외하고 공사비에 증감 요인으로 활용되는 항목들을 고찰하였다. Table 2는 설계변경 항목의 유형분류 중 공사비에 해당하는 부분을 일부 발췌한 것이다. 공사비에서 확인할 수 있는 6개의 설계변경 유형 중 현장여건에 관련된 세부 유형은 40개로 매우 많은 요인들을 확인할 수 있다. 또한 Table 3은 자율조정한도액과 관련된 설계변경 요인들 중 공사비와 관련된 부분을 일부 발췌한 것이다. 자율조정한도액 외에서는 6개, 자율조정한도액 내에서는 20개의 증감요인을 확인할 수 있다. 이와 같이 「총사업비 관리지침」 공사비·공사기간 증감 요인의 특징으로는 매우 세분화되어 있다는 특징을 갖는다. 이처럼 세분화된 지표는 공사비·공사기간의 증감요인을 파악하는데 있어서 직관성이 부족하고, 유사한 사업의 진행 과정에서 동일 요인에 대한 영향 정도를 비교하는데 어려움으로 작용한다.

「건설공사 사후평가 시행지침」은 준공된 대규모 건설공사의 수행성과, 사업효율, 파급효과 등을 일정시기에 평가하고 차후 유사사업의 추진 시 활용함을 목적으로 한다(MOLIT, 2022). 해당 지침의 별표1 건설사업 추진단계별 수행내용 부분에서 공사비·공사기간 변경요인 세부내용을 확인할 수 있다(Table 4). 세부 내용은 총 4개 분야, 12개 요인과 설명으로 구분되어 있으며 각각의 요인에 대해 공사비 변경 금액과 공사기간 변경일 수를 작성하도록 하고 있다.

본 연구는 「건설공사 사후평가 시행지침」의 공사비·공사기간 변경요인 세부내용을 고찰하고 그 특징을 파악하였다. 세부내용의 특징으로는 물가변동, 건설 작업자 이슈 등 일부 지표의 추가 반영이 필요하며, 각각의 요인이 포괄적으로 묶여있어 세분화 과정이 필요하다는 것이다. 상기 사항들을 고려하여 본 연구는 「총사업비 관리지침」, 「건설공사 사후평가 시행지침」의 공사비·공사기간 변동 요인을 종합적으로 검토·연계하여 실무적으로 활용가능한 범위의 표준화 요인을 제시하고자 하였다.

3. 도로건설공사 공사비·공사기간 증감요인 분류체계 표준화

3.1 문헌연구 기반 요인 도출 및 그룹핑

본 연구는 국내의 선행연구와 관련 지침을 바탕으로 도로건설공사 공사비·공사기간 증감요인 분류체계를 도출하고 그룹핑하였다. 1차로 도출한 증감요인 분류체계는 5개 분류, 19개 요인, 92개의 세부요인으로 구성되어 있으며 국내·외 선행연구에서 확인할 수 있는 증감요인들을 바탕으로 학술적 근거를 확보하는데 초점을 맞추었다. 또한 추가적인 분류, 수정, 보완 작업을 고려하여 광범위한 세부요인을 도출하였다.

세부요인들 중 의미가 중복되거나 다른 요인의 하위 요인으로 나타날 수 있는 요인들을 통합하였다. 그리고 의미가 명확하지 않거나 개인의 주관에 들어갈 수 있는 요인들을 판단하고 수정하는 작업을 진행하였다. 예를 들어 공사비 산정 부적정 요인은 사업 기획 미흡 요인의 하위 요인으로 판단할 수 있으며 설계자의 역량 부족 요인은 주관에 들어갈 수 있는 요인이라 판단할 수 있다. 이와 같은 과정을 거친 후, 2차로 4개 분류, 22개의 요인들로

구성된 증감요인 분류체계를 도출하였다. 4개의 분류는 사업계획, 공사수행, 참여주체, 외부 요인으로 구분된다. 사업계획은 사업관련 정책이슈, 공사 관련 법·제도·지침의 변경, 사업 재원조달 이슈, 사업계획 변경, 보상 관련 등 공사비, 공사기간과 관련된 사업 계획 변동 요인들이다. 그리고 공사수행은 계약 이슈, 설계 이슈, 소요 자재 이슈, 건설현장 작업자 이슈, 인허가 및 승인 이슈, 가치공학(Value Engineering), 현장여건 관련 이슈, 기성 관련 이슈, 보건·안전·환경 이슈 등 공사 수행과정에서 발생하는 변동 요인이다. 참여주체는 참여주체 건설관리역량 관련, 참여주체 업무 관련, 참여주체 재정상태 관련, 참여주체의 비공식 요구, 인터페이스 관련 이슈 등 참여주체의 역량 혹은 참여주체간의 의사소통과 관련된 변동 요인이다. 마지막으로 민원 관련, 불가항력 관련, 관계 기관 협의나 법정경비 관련 변동 요인으로 구성된 외부 요인 등이 있다.

3.2 전문가 지문을 통한 수정 및 보완

본 연구에서는 앞서 도출한 4개 분류 22개 요인에 대한 도로건설 공사 공사비·공사기간 증감 요인을 바탕으로 전문가 지문을 추가로 실시하였다. 전문가는 총 19명으로 건설사업관리 분야 학계 전문가 4인, 실제 도로건설공사의 시공 또는 감리 업무수행 경험이 있는 산업계 전문가 15인으로 구성되어 있다. 지문 결과는 다음과 같이 정리된다. (1) 불가변동 관련 증감요인 추가, (2) 실무적 지침과의 연계성 확보, (3) 요인들에 대한 상세 설명. 본 연구에서는 이러한 지문 결과를 반영하여 증감요인을 수정 및 보완하고 표준 도로건설 공사 공사비·공사기간 증감요인을 제시하였다(Table 5).

먼저 불가변동 관련 증감요인과 관련하여 불가변동 요인을 추가 하고 일반적인 불가인상분(E/S)과 환율변동에 따른 외자장비 구매 비 증감, 경유세를 변경 등을 반영할 수 있도록 하였다. 다음으로 실무적 지침과의 연계성 확보와 관련하여서는 「총사업비 관리지

Table 4. Part of Post-Construction Evaluation Guidelines(MOLIT, 2022)

Category	Factor	Description	Code
Project plan	Change of policy/project plan	Policy/institutional change(construction regulations, changes in design standard, safety/quality/environment guideline, etc.), changes in the internal situation of owner, changes in financial states, change in project plans(additional construction, removal of specific work, change of process plan/construction method, change of design height, adjustment of project budget), etc.	A1
	Change of compensation plan	Changes in the compensation plan(delay, etc.) during the construction projects	A2
Design/CM /construction Supervisor	Design error	Unclear/missing/error of design drawing, mutually contradicting design drawing, lack of constructability, etc.	B1
	Difference between site condition and design drawing	Geology, light water, rock, underground utilities, etc.	B2
	Lack of consultant skills	Communication gap between participants, lack of experience, delay in work, etc.	B3
Construction execution	Site conditions	Reinforcement of safety facilities, slope stability, soft ground stabilization/change of depth, distance of earthwork transportation(borrow pit, disposal area), change of temporary facilities plan, etc.	C1
	Contract issues	Reflection of the difference between the estimation cost and determined price, contingency, application of inaccurate unit price in the bill of quantity, over-estimation of construction cost, adjustment at construction completion, etc.	C2
	Supply and demand of required resources	Delay in the supply of government-provided materials, change in the quantity and unit price of the material, change in materials supply from public procurement to private purchasing, etc.	C3
	Change of construction method, The use of new technology/method	The use of new technologies/methods that are effective in reducing costs and shortening the period	C4
External factors	Consultation with related agencies, Reflection of expenses stipulated by law	Reflection of the consultation results with related authorities(national police agency, ministry of environment, cultural heritage administration, national fire agency, other related authorities) such as cultural heritage excavation, waste disposal, traffic impact assessment, environmental impact assessment, safety inspection, and legal insurance	D1
	Complaint	Adjustment of beneficiary area, residential environment improvement, long-awaited facilities for residents, interference by third parties, etc.	D2
	Force majeure	Bad weather, natural disasters, etc.	D3

침」, 「건설공사 사후평가 시행지침」 과의 코드 연계를 통해 표준 공사비·공사기간 증감요인 분류체계의 실무적 근거를 마련하였다. 마지막으로 요인들에 대한 상세 설명과 관련하여서는 요인들의 분야를 4개에서 6개로 세분화하여 재 분류하고, 요인들의 용어 정의를 좀 더 명확히 하는 방식으로 보완하였다.

4. 사례 적용을 통한 활용성 검토

4.1 관련 지침 요인과의 코드 연계

본 연구는 「총사업비 관리지침」 및 「건설공사 사후평가 시행지침」 요인들에 각각 부여한 코드를 본 연구에서 개발한 표준 공사비·공사기간 증감요인 분류체계 코드와 연계하고 활용성을 확인하였다.

코드 연계 결과, 표준 공사비·공사기간 증감요인 분류체계는 「총사업비 관리지침」, 「건설공사 사후평가 시행지침」에서 제

시하는 증감요인을 모두 포함하며 연계되는 것을 확인하였다. 또한 각 지침에서 분류하지 못했던 건설현장 작업자 이슈, 소요장비 이슈, 시공사 관련 이슈를 파악할 수 있다. 그리고 연계 과정에서 확인할 수 있는 또 다른 주요 사항으로 표준 증감요인 분류체계는 사업계획 관련 분야, 현장여건 관련 이슈 요인, 보건/안전/환경 이슈 요인에서 지침보다 세부적인 분류체계를 제시한다(Table 6). 이러한 매칭 결과는 표준 증감요인 분류체계가 공사수행 과정에서 발생하는 공사비·공사기간 증감요인에 대한 더 넓고 명확한 시각을 제시한다고 판단할 수 있다.

4.2 사례 적용 결과

본 연구는 실제 도로건설공사의 총사업비 완료보고서와 사후평가 보고서를 활용하여 표준 공사비·공사기간 증감요인 분류체계의 활용 사례를 제시하였다. 「총사업비 관리지침」 과 「건설공사 사후평가 시행지침」 에 따라 분류된 사례 도로건설공사의 공사비·공

Table 5. Standard Road Construction Cost and Schedule Variation Factor Classification

Field	Factors	Description	Code
Change related to project plan	Policy issues related to project	Issues related to the project promotion environment, such as policy change due to regime change and social consensus on projects.	1-1
	Project financing	Issues related to project financing, such as projects budget adjustment and inability to secure budget for long-term continuous construction, etc.	1-2
	Change of project plan	Issues related to changes in the project plan, such as changes in the construction scope and process plan, reflection of working design results, etc.	1-3
	Change in construction laws/regulations/guidelines	Issues of change in laws/regulation/guidelines, such as construction laws, design/construction standards, safety/quality/environmental guidelines, etc.	1-4
Change related to pre-construction phase	Contract	Changes related to contract, such as reflection of the difference between the estimation cost and the determined price, reflection of the estimated contingency, application of inaccurate unit price in the bill of quantity, over-estimation of construction cost, adjustment at construction completion, etc.	2-1
	Design	Changes related to design, such as design complexity, consistency, constructability, quality and completeness.	2-2
	Permit and approval	Changes related to permits and approvals, such as delays in permits and approvals of project-related authorities	2-3
	Compensation	Changes related to compensation, such as compensation for land and obstacles, reflection of real estate appraisal results, relocation of underground utilities, compensation for losses, etc.	2-4
Change related to construction phase	Construction method	Changes related to construction methods, such as changes in construction methods to improve constructability, the use of new technologies/methods, etc.	3-1
	Site condition	Changes according to site conditions, such as differences between site conditions and design drawing, reinforcement of slope, soft ground stabilization, change in earthwork transport distance, change of temporary facility plan, etc.	3-2
	Health/Safety/Environment	Changes related to HSE, such as reinforcement of safety facilities, disaster prevention, and assessment for environmental preservation	3-3
	Interface	Changes due to insufficient adjustment of interfaces between government agencies, interfaces between construction participants, and sites.	3-4

Table 5. Standard Road Construction Cost and Schedule Variation Factor Classification (Continued)

Field	Factors	Description	Code
Change related to procurement (labor/material/equipment)	Construction site worker	Changes related to construction site workers, such as supply and demand of workers(skilled/assistant), union activities, strikes, etc.	4-1
	Material	Changes related to materials, such as changes in the quantity and specifications of articles supplied by the government, delayed supply, poor quality, and supply method(articles supplied by the government and bring-in materials).	4-2
	Equipment	Changes related to equipments, such as supply and demand for construction equipment, change, and obsolescence.	4-3
	Inflation	Changes due to insufficient adjustment of interfaces between construction participants and sites	4-4
Change related to participant	Labor	Changes related to construction site workers, such as supply and demand of workers(skilled/assistant), union activities, strikes, etc.	5-1
	Material	Changes related to materials, such as changes in the quantity and specifications of government-provided materials, procurement delay, poor quality, change in material supply from public procurement to private purchasing	5-2
	Equipment	Changes related to equipments, such as supply and demand for construction equipment, change of equipment, and equipment obsolescence	5-3
	Inflation	Reflection of inflation, such as price escalation, change in foreign equipment purchase costs due to exchange rate fluctuations, change in diesel tax rate	5-4
Change due to external factors	Owner/CM/Construction supervisor	Changes according to the construction management capabilities of the owner/CM/Construction supervisor (cost, process, progress, communication, safety, quality, inspection and approval, etc)	6-1
	Contractor	Changes according to the construction capabilities of the contractor (General contractors/Subcontractors) (construction skill, re-construction, safety accident, poor quality, etc.)	6-2
	Participant financial status	Changes due to the financial status of construction participants, such as deteriorating financial status or bankruptcy of construction participants	6-3

사시간 증감요인을 확인하고 본 연구에서 부여한 코드에 따라 공사비 증감액을 재분류하였다. 이때 증감 원인에 대한 정보 없이 변동값만 기재되어 있을 경우, 설령 공사기간 1년 증가, 공사비 500백만원 증가와 같이 기재되어 있을 경우 해당 사업 관련 자료를 바탕으로 증감요인을 판단하여 분류하였다. 증감액은 실제 도로건설공사 정보의 민감성에 따라 상대적인 변동률로 기재하였다.

A, B 두 사례 모두 각각의 보고서에서 추출한 공사비 증감요인과 증감액을 확인한 결과, 증감액의 합계 금액이 일치하였으며, 세부적인 증감요인에 대해서는 약간의 차이가 존재하였다. A 사례의 두 보고서에서 제시된 변동요인 코드에 표준 증감요인 분류체계 코드를 연계한 결과, 해당 사례 도로건설공사에서는 계약 이슈, 설계 이슈, 공법 관련 이슈, 현장여건 관련 이슈, 보건·안전·환경 이슈, 법정경비 관련 변동 요인이 나타난 것을 확인할 수 있다. 표준 분류체계에 따라 분류된 7가지 변동 요인은 총사업비 완료보고서에서는 확인하지 못했던 설계 이슈, 공법 관련 이슈 그리고 사후평가 보고서로는 확인하지 못했던 보건·안전·환경 이슈 등을 포함한다 (Table 7). B 사례는 A 사례보다 더 많은 표준 증감요인들을 확인할 수 있는데, 이처럼 사업의 특성에 따라 나타나는 증감요인이

다른 것은 당연한 결과이다. 해당 사례 도로건설공사에서 확인할 수 있는 표준 증감요인은 사업계획 변경, 계약 관련 이슈, 설계 관련 이슈, 공법 관련 이슈, 현장여건 관련 이슈, 보건·안전·환경 이슈, 소요자재 이슈, 민원 관련 이슈, 법정경비 관련 이슈이다 (Table 8).

본 연구에서 적용한 두 사례와 같이 표준 증감요인 분류체계는 「총사업비 관리지침」, 「건설공사 사후평가 시행지침」의 공사비·공사기간 변경 요인을 포괄적으로 고려한다. 또한 총사업비 완료보고서와 사후평가보고서가 작성되어야 하는 사업의 이해관계자는 추가적인 정보 수집 노력 없이 코드 연계를 통해 표준 증감요인을 도출하여 사업 진행 중 리스크 요소를 파악할 수 있다.

5. 결론

본 연구는 건설공사의 공사비·공사기간 변동 요인을 조사하기 위한 국내 지침들과 이를 고도화하기 위한 국내·외 연구를 통해 도로건설공사의 공사비·공사기간 증감요인 분류체계의 표준화 필

Table 6. Code Connection Result

Standard cost and schedule variation Classification		Previous Research	Total Project Cost Management Guidelines	Post-Construction Evaluation Guidelines
Factors	Code	Code	Code	Code
Policies related to project	1-1	㉔	-	A1
Project financing	1-2	㉕	b6	A1
Change of project plan	1-3	㉖	-	A1
Change of laws/regulations/guidelines related to construction	1-4	㉗	-	A1
Contract	2-1	㉘	a4, a6, b3	C2
Design	2-2	㉙, ㉚	-	B1, B2
Permit and approval	2-3	㉛	-	B3
Compensation	2-4	㉜	-	A2
Construction method	3-1	㉝	-	C4
Site condition	3-2	㉞	a3, c3, c4	C1
Health/Safety/Environment	3-3	-	a3, c2	C1
Interface	3-4	-	-	B3
Labor	4-1	㉟	-	-
Material	4-2	㊱	a5, b2	C3
Equipment	4-3	㊲	-	-
Inflation	4-4	-	a5, b1, b3	-
Owner/CM/Construction supervisor	5-1	㊳, ㊴	b6	A1
Contractor	5-2	㊵, ㊶	-	-
Participant financial status	5-3	㊷	b6	A1
Informal/unreasonable demand	5-4	㊸	-	B3
Complaints	6-1	㊹	a2	D2
Force majeure	6-2	㊺	b5	D3
Expenses stipulated by law	6-3	㊻	a1, c1	D1

Table 7. 'A' Case Application Result

Standard cost and schedule variation Classification		Total Project Cost Management Guidelines			Post-Construction Evaluation Guidelines		
Factors	Code	Code	Δ Growth		Code	Δ Growth	
			Cost	Schedule		Cost	Schedule
Change of project plan	1-3	-		100%	A1		100%
Contract	2-1	a6, b3	73.80%		C2	72.50%	
Design	2-2				B1	0.86%	
Construction method	3-1				C4	1.17%	
Site condition	3-2	a3, c3, c4	21.64%		C1	23.02%	
Health/Safety/Environment	3-3	a3, c2	1.89%				
Expenses stipulated by law	6-3	a1, c3	2.67%		D1	2.44%	
Total			100%	100%		100%	100%

Table 8. 'B' Case Application Result

Standard cost and schedule variation Classification		Total Project Cost Management Guidelines			Post-Construction Evaluation Guidelines		
Factors	Code	Code	Δ Growth		Code	Δ Growth	
			Cost	Schedule		Cost	Schedule
Change of project plan	1-3	-		100%	A1	0.31%	100%
Contract	2-1	a6, b3	86.47%		C2	83.69%	
Design	2-2				B2	0.35%	
Construction method	3-1				C4	3.61%	
Site condition	3-2	a3, c3	5.31%		C1	5.95%	
Health/Safety/Environment	3-3	a3, c2	0.58%				
Material	4-2	b2	0.52%		C3	0.54%	
Complaints	6-1	a2	2.62%		D2	2.73%	
Expenses stipulated by lows	6-3	a1,c1	1.96%		D1	2.82%	
Total			100%	100%		100%	100%

요성을 확인하였다. 이에 본 연구에서는 문헌고찰 및 전문가 자문 과정을 거쳐 표준 도로건설공사 공사비·공사기간 증감요인 분류체계를 제시하였다. 제시한 표준 증감요인 분류체계는 6개의 분류, 23개의 요인으로 구성되어 관련지침(「총사업비 관리지침」, 「건설공사 사후평가 시행지침」)의 공사비·공사기간 변경 요인을 포괄적으로 고려한다. 이는 관련 지침, 연구 등 산재된 공사비·공사기간 증감요인을 연계함으로써 추가적인 정보 수집 과정 없이 각종 지침에 따른 업무 진행 중에 활용이 가능할 것으로 기대된다. 또한 공사비·공사기간 증감 데이터 누적 시 활용할 수 있는 표준화 및 간소화된 틀을 제시하였다는 점에서 의의가 있다.


향후 연구에서는 본 연구의 결과물인 표준 증감요인 분류체계를 활용하여 공사비·공사기간의 증감요인의 영향 정도와 관리방안 및 교환을 도출할 수 있는 설문지를 설계할 예정이다. 해당 설문지는 실제 건설 업계 전문가(발주자, 설계자, 시공자, 감리자)를 대상으로 배포될 예정이며 최종적으로 사업 계획, 또는 진행단계 의사결정 지원이 가능한 정량적 통계 분석 결과와 실무에서 활용 가능한 정성적 Best Practice를 제시하고자 한다.


Acknowledgements

This research was carried out under the Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology (KICT) Research Program (Project No. 20230026-001, Operation of Post-Construction Evaluation and Management Center), funded by the Ministry of Land, Infrastructure, and Transport (MOLIT) of Korea 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

- Akal, A. Y., El-Maaty, A. E. A. and El-Hamrawy, S. (2017). "Mapping the causes of time, cost overruns and quality shortfall in Egyptian Public Highway Projects." *European Business & Management*, SciencePG, Vol. 3, No. 6, pp. 120-126, <https://doi.org/10.11648/j.ebm.20170306.14>.
- Akinradewo, O., Aigbavboa, C., Oke, A., Coffie, H. and Ogunbayo, B. (2022). "Unearthing causative factors of cost overrun on Ghanaian road projects." *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, Riga Technical University, Vol. 17, No. 4, pp. 171-188, <https://doi.org/10.7250/bjrbe.2022-17.584>.
- Alfakhri, A., Ismail, A., Muhamad, A. K., Arhad, I. and Irtema, H. (2017). "A conceptual model of delay factors affecting road construction projects in Libya." *Journal of Engineering Science and Technology*, Taylor's University, Vol. 12, No. 12, pp. 3286-3298.
- Al-Hazim, N. and Abusalem, Z. (2015). "Delay and cost overrun in road construction projects in Jordan." *International Journal of Engineering and 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*, Ain Shams University, Vol. 13, No. 5, 101720, <https://doi.org/10.1016/j.asej.2022.101720>.
- Anigbogun, 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*, Federal University, Vol. 13, No. 1, pp. 1-14.
- Aziz, R. F. and Abdel-Hakam, A. A. (2016). “Exploring delay causes of road construction projects in Egypt.” *Alexandria Engineering Journal*, Elsevier, Vol. 55, No. 2, pp. 1515-1539, <https://doi.org/10.1016/j.aej.2016.03.006>.
- Chamuwange, S. K. and Ning, Y. (2022). “Identifying the factors affecting the cost management of road construction projects in Tanzania.” *Journal of Civil, Construction and Environmental Engineering*, SciencePG, Vol. 7, No. 3, pp. 35-39, <https://doi.org/10.11648/j.jcce.20220703.13>.
- Creedy, G. D., Skitmore, M. and Wong, J. K. (2010). “Evaluation of risk factors leading to cost overrun in delivery of highway construction projects.” *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, Vol. 136, No. 5, pp. 528-537, [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000160](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000160).
- Dolage, D. A. R. and Dasantha, O. M. C. (2022). “Critical factors affecting cost overrun in foreign funded road construction projects in Sri Lanka.” *Engineer*, The Institution of Engineers, Sri Lanka, Vol. 55, No. 2, pp. 21-30, <https://doi.org/10.4038/engineer.v55i2.7505>.
- Elawi, G. S. A., Algahtany, M. and Kashiwagi, D. (2016). “Owners’ perspective of factors contributing to project delay: case studies of road and bridge projects in Saudi Arabia.” *Procedia Engineering*, Elsevier, Vol. 145, pp. 1402-1409, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.176>.
- Huo, T., Ren, H., Cai, W., Shen, G. Q., Liu, B., Zhu, M. and Wu, H. (2018). “Measurement and dependence analysis of cost overruns in megatransport infrastructure projects: case study in Hong Kong.” *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, Vol. 144, No. 3, 05018001, [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001444](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001444).
- 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, S. J. and Kim, N. G. (2013). “Improvement on the total project cost management system for public construction project in civil engineering field.” *Proceedings of the 40th KIISE Fall Conference*, pp. 17-18 (in Korean).
- Korea Development Institute (KDI). (2021). *A Preliminary Feasibility Study of the Five-year Road Plan* (in Korean).
- Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology (KICT). (2020). *A Study on the Efficient Operation and Utilization of Post-Construction Evaluation* (in Korean).
- Kurniawan, D., Mairizal, Masril, Sam, A. R. M. 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*, IOP, Vol. 1022, No. 1, 012013, <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1022/1/012013>.
- Lee, Y. M. (2013). *Study on Cost Increasing Factor of Road in the Construction Phase*, Msc. Dissertation, Pukyong National University (in Korean).
- Ministry of Economy and Finance (MOEF). (2022). *Total Project Cost Management Guidelines*, Available at: https://www.law.go.kr/admRulLsInfoP.do?jsessionid=fDQvsD4SbBizzxkOoIMheJ5rs0KRANU5w5N6IMna1IXqailo9TkZVMGETNQad8V6.de_kl_a1_servlet_LSW2?admRulSeq=2100000071778 (Accessed: June 6, 2023) (in Korean).
- Ministry of Land Infrastructure and Transport (MOLIT). (2022). *post-Construction Evaluation Guidelines*, Available at: <https://law.go.kr/admRulLsInfoP.do?chrClsCd=&admRulSeq=2100000203300> (Accessed: June 6, 2023) (in Korean).
- Na, S. Y., Lee, D. H. and Kim, H. W. (2022). “Impact of highway construction on the regional economy: Gangil-Chuncheon Highway.” *Journal of the Korean Society of Industry Convergence*, KSIC, Vol. 25, No. 6, pp. 1183-1190, <https://doi.org/10.21289/KSIC.2022.25.6.1183> (in Korean).
- Santoso, D. S. and Soeng, S. (2016). “Analyzing delays of road construction projects in Cambodia: Causes and effects.” *Journal of Management in Engineering*, ASCE, Vol. 32, No. 6, 05016020, [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000467](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000467).
- Seboru, M. A. (2015). “An investigation into factors causing delays in road construction projects in Kenya.” *American Journal of Civil Engineering*, Vol. 3, No. 3, pp. 51-63, <https://doi.org/10.11648/j.ajce.20150303.11>.
- Sohu, S., Halid, A., Nagapan, S., Fattah, A., Latif, I. and Ullah, K. (2017). “Causative factors of cost overrun in highway projects of Sindh province of Pakistan.” *Proceedings of IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, IOP, Johor Bahru, Malaysia, Vol. 271, No. 1, 012036, <https://doi.org/10.1088/1757-899X/271/1/012036>.
- Woo, S. K., Lee, Y. H., Chang, C. K. and Lee, S. W. (2012). “A study on analysis of productive construction project and influential elements for public owner’s perspective: focused on highway construction.” *KSCE Journal of Civil and Environmental Engineering Research*, KSCE, Vol. 32, No. 6D, pp. 645-653, <https://doi.org/10.12652/Ksce.2012.32.6D.645> (in Korean).
- Yoon, B. H. (2009). *Risk Assessment of Cost Increasing by Change Orders of Road Projects*, Msc. Dissertation, Yonsei University (in Korean).
- Zafar, I., Yousaf, T. and Ahmed, D. S. (2016). “Evaluation of risk factors causing cost overrun in road projects in terrorism affected areas Pakistan a case study.” *KSCE Journal of Civil Engineering*, KSCE, Vol. 20, No. 1, pp. 1613-1620, <https://doi.org/10.1007/s12205-015-0348-6>.