

국도건설사업의 공사비 영향 요인 분석 및 활용에 관한 연구

옥 현*, 김성진**

* 한국건설기술연구원 미래스마트건설연구본부

** 한국건설기술연구원 미래스마트건설연구본부

e-mail: okhyun@kict.re.kr

A Study on the Analysis and Utilization of Factors Affecting Construction Costs in National Road Construction Projects

Hyun Ok*, Seong-Jin Kim**

*Korea Institute of Civil engineering and building Technology

**Korea Institute of Civil engineering and building Technology

요약

국도건설사업의 초기 기획단계에서부터 이루어지는 공사비 산정은 국도건설의 경제적 타당성 확보와 효율적인 예산 수립 및 사업 범위를 결정하는 핵심 업무이다. 하지만, 현행 공사비 산정 업무는 엔지니어의 개별 업무방식에 따라 수작업 형태로 공사비를 산정하고 있어 항목 누락, 중복 산출 등의 오류로 인해 정확성 및 신속성이 저하되고 있다. 이로 인해 향후 인공지능(AI)을 활용한 공사비 분석 및 산정, 검증 방식으로의 전환이 시급히 요구되고 있다. 특히 기존 공사비 실적데이터를 기반으로 건설 현장의 여건과 공사비 영향 요인에 따라 적정 공사비 산출이 이루어질 수 있는 정보 환류 및 의사결정지원 체계 마련이 필요한 시점이다.

이를 위해 본 연구는 국토부의 건설사업정보시스템에서 보유 중인 국도건설 공사비 실적데이터를 기초로 주요 공종별(토공·교량공·터널공) 공사비 영향 요인에 대해 분석하였다. 또한 설계분야의 전문가 의견수렴을 통해 공사비 영향 요인을 정의하여 제시하였다. 본 연구는 이를 통해 구조물, 노선, 지형 등 국도건설의 주요 공사비 영향 요인을 반영한 데이터셋과 AI 분석·예측 모델 및 서비스 개발을 위한 핵심 기반을 제공할 수 있으리라 기대된다.

Key word : 국도건설, 공사비, 영향 요인, 표준화, 디지털화, AI 모델, AI 서비스, 정보 환류, 의사결정지원

2. 본론

1. 서론

국도건설사업의 초기 기획단계에서부터 이루어지는 공사비 산정은 국도건설의 경제적 타당성 확보와 효율적인 예산 수립 및 사업 범위를 결정하는 핵심 업무이다.

하지만, 현행 공사비 산정 업무는 엔지니어의 개별 업무방식에 따라 수작업 형태로 공사비를 산정하고 있어 항목 누락, 중복 산출 등의 오류로 인해 정확성 및 신속성이 저하되고 있다. 이로 인해 향후 인공지능(AI)을 활용한 공사비 분석 및 산정, 검증 방식으로의 전환이 시급히 요구되고 있다. 특히 기존 공사비 실적데이터를 기반으로 건설현장의 여건과 공사비 영향 요인에 따라 적정 공사비 산출이 이루어질 수 있는 정보 환류 및 의사결정지원 체계 마련이 필요한 시점이다.

본 연구는 국도건설사업의 공사비 실적데이터를 기초로 국도건설의 주요 공종(토공·교량공·터널공)에 대한 공사비 영향 요인을 분석하여 제시하고자 한다.

2.1 국도건설사업의 공사비 산정 현황

국도건설사업에서의 공사비 산정은 크게 기획단계 및 기본설계단계에서 산출되는 개략 공사비와 실시설계단계에서 설계도서를 기초로 세밀하게 산출되는 적정 공사비로 구분할 수 있다.

개략 공사비는 국도건설 초기 기획단계에 현행 법규정에서 제시하고 있는 사업비 산출기준에 따라 개략적인 비용을 산출한다. 또한 이후 현장 및 노선 현황 조사를 통해 개략 공사비 산정을 보다 구체화하고, 교통 수요예측 및 경제성 분석을 통해 최종 노선을 선정하고 있다. 적정 공사비 산정의 경우, 설계사는 설계도면의 작성이 완료되면 이를 근거로 국토교통부(이하, 국토부)의 설계지침 중 하나인 「국도건설공사 설계실무요령」의 수량산출요령에 따라 공종별 수량을 산출하고, 내역서 체계에 따라 공사비를 산출하고 있다.

※ 본 논문은 2026년 국토교통부 재원으로 건설사업정보화(CALS) 사업의 지원을 받아 수행된 연구임(과제번호 20260001-002, '26 건설정보표준 운영 및 유지보수)

2.2 국도분야 공사비 산정의 문제점 및 개선방안

국도분야의 공사비 산정 업무는 설계사 자체에서 수행하는 것 보다는 주로 외부 적산업체의 용역으로 처리되고 있으며 이로 인해 공사비 산정 업무에서의 엔지니어링 역량 저하 및 공사비 데이터의 체계적인 관리체계가 부족한 상황이다. 특히 국도건설사업의 공사비는 발주기관별·건설사업별·업무단계별로 형식과 내용이 상이하여 데이터의 표준화가 이루어지지 않고 있으며 대부분 수작업 형태로 엔지니어의 경험 및 노하우에 의해 산출되고 있다.

최근 건설산업 전반의 디지털화가 가속화됨에 따라 공사비 산정방식이 기존 산출방식에서 벗어나 인공지능(AI)을 활용한 공사비 분석과 산정방식으로 변화되고 있는 추세이다. 향후 도로건설사업에서의 AI 기술을 활용한 공사비 분석모델 및 예측서비스 개발을 위해서는 우선, 도로분야의 공사비 영향 요인 및 변동 요인에 대한 기반 연구가 필요하다. 다음으로 기존 국도건설 공사비 데이터는 대부분 전자파일 형태(Excel, PDF 등)로 관리되며 자료의 양이 방대하고, 비표준화된 다양한 형태로 구성되어 데이터의 신속한 검색 및 비교 분석, 일괄 처리를 위해서는 표준화된 데이터의 구축이 요구된다. 특히 공사비 정보는 내역서당 수만건의 내역데이터로 구성되어 있어 기존 수작업 방식으로 데이터를 추출·분류하고 전처리할 경우, 많은 시간과 비용이 소요되어 사실상 불가능한 상황이다. 따라서 국가 차원의 공사비 데이터 표준 체계의 마련과 이를 통한 디지털화가 요구되고 있다.

2.3 국도분야의 공사비 영향 요인 분석 및 도출

본 연구는 우선 공사비 데이터 분석을 위해 국토부의 내부 업무시스템 중 하나인 건설사업정보시스템(CALS)에서 보유 중인 국도건설사업의 공사비 실적데이터를 활용하였다. 건설사업정보시스템은 국토부의 소속기관인 5개 지방국토관리청에서 발주하는 국도건설사업을 대상으로 수행 과정에서 발생하는 공문서 및 업무보고자료(공사대장·공정·기성·설계변경 등) 등 제반 정보 관리 및 활용할 수 있도록 구축된 정보시스템이다. 특히 건설사업정보시스템에서는 국도건설사업의 설계 및 준공도서 성과품을 체계적으로 관리하고 있으며 본 연구는 이들 성과품에서 설계보고서, 설계서 및 공사비 내역서 자료를 기초로 공사비 데이터의 현황과 공사비 영향 요인을 분석하였다.

국도건설 공사비 데이터는 지방국토지방청의 준공도서 성과품 중 귀래-매지 도로확장 및 포장공사 등 11건과 주내터널 확장공사 실시설계 등 8건 등 총 29건의 준공도서 성과품을 수집하였다. 수집한 준공도서 성과품 자료는 우선, 공사개요, 설계예산서, 수량산출서로 분리하여 분석을 수행하였으며 공사개요는 건설공사의 기본정보와 공사유형별 분류 기준으로 활용하였다. 다음으로 설계예산서는 공사유형, 도로유형, 설계속도, 도로위치, 포장재료, 차로수, 인터체인지, JCT, 연약지반 비중, 연장, 발파암지

반 비중 등으로 분류하여 조사하였다. 또한 수량산출서는 자재수량, 장비사용시간 및 수량, 작업량(노임), 공사구간별 면적 및 부피, 부대 공사, 운송비, 폐기물 처리 비용 등으로 분류하여 분석하였다.

본 연구는 국도분야의 공종유형을 크게 선형시설인 토공(토공, 포장공, 배수공 등)과 비선형시설인 구조물공(교량공, 터널공)으로 각각 구분하였다. 도로건설공사의 공종분류체계는 “국도건설공사 설계실무요령(21년)”을 기초로 하여 작성된 건설공사의 공사비 내역서를 참조하여 분류하였다. 또한 설계분야의 전문가 자문을 통해 국도분야의 공사비 영향 요인에 관한 분석과 영향 인자를 도출하였다.

국도건설사업은 토목 인프라 건설공사 중 가장 대표적인 선형 시설로서 본 연구는 건설공사가 진행되는 구간별 특징에 따라 토공(포장포함), 교량, 터널로 구분하여 공사비 영향 요인과 세부항목을 분석하였다. 우선 국도 토공시설은 총 14개의 영향 요인으로 정의하였으며 공사비 영향 요인별 세부항목은 관련 법령 및 건설기준을 기초로 하고, 전문가 의견수렴을 통해 종합적으로 고려하여 도출하였다. 다음 표는 국도건설사업의 토공시설에 관한 공사비 영향 요인을 분석한 내용이다.

[표 1] 국도 토공시설의 공사비 영향 요인 분석

영향 요인	세부항목	비교 분석 내용
1. 공사용형	신설/확장	• 확장 분야는 공사 장애 고려 필요
2. 도로유형	고속국도/일반국도/지방도	• 도로유형에 따라 차간폭, 중앙분리대 여부, 포장두께, 공사 장애 등 고려 필요
3. 공사기간	0-6개월 이하/7개월-12개월 이하/13개월 이상	• 공사기간에 따른 구분 필요
4. 설계속도	60km 미만/60km-80km 미만/80km-100km 미만/100km 이상	• 설계속도에 따라 포장(보조기층, 표층, 중간층 등) 두께가 달라지며 차간폭 및 중앙분리 등이 결정되어 구분 필요
5. 도로위치	지방도로/도심도로	• 도심 통과 도로는 평면교차, 교통설비·인도 등 추가공사가 다양하여 구분 필요
6. 도로연장	상행/하행	• 도로연장에 따라 구분 필요
7. 포장재료	콘크리트/아스팔트	• 포장재료에 따라 구분 필요
8. 차로 수	1차로 이하/2차로 이하/3차로 이하/4차로 이상	• 길이당 단가로 계산 시 면적에 따라 공사비 차이가 발생할 수 있어 차로 수 구분 필요
9. 인터체인지	무/1개소/2개소 이상	• 인터체인지 발생 시 부속공사가 추가 되어 구분 필요
10. JCT	유/무	• 도로 교차구간 발생 시 부속공사 추가 되어 구분 필요
11. 연약지반비중	전체 5% 미만/전체 30% 미만/전체 30% 이상	• 전체 공사구간 대비 연약지반 비중에 따라 보강공사가 추가되므로 구분 필요
12. 발파암 지반 비중	전체 5% 미만/전체 30% 미만/전체 30% 이상	• 전체 공사구간 대비 발파암 비중에 따라 보강공사가 추가되어 구분 필요
13. 사토장 운반 거리	10km 미만/20km 미만/30km 미만/30km 이상	• 사토장 운반 거리에 따라 구분 필요
14. 토취장 운반 거리	10km 미만/20km 미만/30km 미만/30km 이상	• 토취장 운반 거리에 따라 구분 필요

둘째, 국도 교량시설은 도로 기능(공사성격, 도로유형, 설계속도, 차로수), 구조적 특성(교량형식, 경간장, 교각높이, 교량위치) 등을 반영하여 총 12개의 공사비 영향 요인 및 세부항목을 도출하였다.

[표 2] 국도 교량시설의 공사비 영향 요인 분석

영향 요인	세부항목	비교 분석 내용
1. 공사유형	신설/확장	• 확장 분야는 공사 장에 고려 필요
2. 도로유형	고속국도/일반국도/지방도	• 도로유형에 따라 차간폭, 중앙분리대 여부, 포장두께, 공사 장에 등 고려 필요
3. 공사기간	0-6개월 이하/7개월-12개월 이하/13개월 이상	• 공사기간에 따른 구분 필요
4. 설계속도	60km 미만/60km-80km 미만/80km-100km 미만/100km 이상	• 설계속도에 따라 포장(보조기층, 표층, 중간층 등) 두께가 달라지며 차간폭 및 중앙분리 등이 결정되어 구분 필요
5. 도로위치	지방도로/도심도로	• 도심 통과 도로는 평면교차, 교통설비·인도 등 추가공사가 다양하여 구분 필요
6. 도로연장	상행/ 하행	• 도로연장에 따라 구분 필요
7. 포장재료	콘크리트/아스팔트	• 포장재료에 따라 구분 필요
8. 차로 수	1차로 이하/2차로 이하/3차로 이하/4차로 이상	• 길이당 단가로 계산 시 면적에 따라 공사비 차이가 발생할 수 있어 차로 수 구분 필요
9. 교량 형식	RC/PSC/강교/강합성교/합성형라멘교/사장교/트러스교/현수교/아치교/ED교	• 해당 공사의 지형 조건에 따라 다양한 교량 형식이 존재하며 공사비에 많은 영향을 주기 때문에 구분 필요
10. 경간장 및 경간수	20m 미만/20m-40m 미만/40m-60m 미만/60m 이상	• 교량의 평균 경간장에 따라 교각수 및 공사 방법이 달라져 구분 필요
11. 교각높이	10m 미만/10m-20m 미만/20m-30m 미만/30m-40m 미만	• 교각 높이에 따라 구조물 물량이 변화 되어 구분 필요
12. 교량위치	육상/수상(하천·강)/해상	• 교량 설치위치에 따라 기초공법 및 규모가 변화하여 구분 필요

셋째, 국도 터널시설은 도로 기능(공사성격, 도로유형, 설계속도, 차로수), 구조적 특성(굴진장, 방재등급, 터널공법, 환기공법) 등을 반영하여 총 13개의 공사비 영향 요인 및 세부항목을 도출하였다.

[표 3] 국도 터널시설의 공사비 영향 요인 분석

영향 요인	세부항목	비교 분석 내용
1. 공사유형	신설/확장	• 확장 분야는 공사 장에 고려 필요
2. 도로유형	고속국도/일반국도/지방도	• 도로유형에 따라 차간폭, 중앙분리대 여부, 포장두께, 공사 장에 등 고려 필요
3. 공사기간	0-6개월 이하/7개월-12개월 이하/13개월 이상	• 공사기간에 따른 구분 필요
4. 설계속도	60km 미만/60km-80km 미만/80km-100km 미만/100km 이상	• 설계속도에 따라 포장(보조기층, 표층, 중간층 등) 두께가 달라지며 차간폭 및 중앙분리 등이 결정되어 구분 필요
5. 도로위치	지방도로/도심도로	• 도심 통과 도로는 평면교차, 교통설비·인도 등 추가공사가 다양하여 구분 필요
6. 도로연장	상행/ 하행	• 도로연장에 따라 구분 필요
7. 포장재료	콘크리트/아스팔트	• 포장재료에 따라 구분 필요
8. 차로 수	1차로 이하/2차로 이하/3차로 이하/4차로 이상	• 길이당 단가로 계산 시 면적에 따라 공사비 차이가 발생할 수 있어 차로 수 구분 필요
9. 굴진장	굴진장 1m 이하 10% 미만/굴진장 1m 이하 20% 미만/굴진장 1m 이하 30% 미만/굴진장 1m 이하 30% 이상	• 1회 굴진장 1m 이하의 경우, 상당 시간과 작업량이 필요하며 공사비에 영향 높음 • 전체 구간 대비 굴진장 1m가 차지하는 비중에 대한 구분 필요
10. 방재등급	방재 1등급/방재 2등급/방재 3등급/방재 4등급	• 방재등급 기준에 따라 부속공사가 추가 되므로 구분 필요하며 국토부 기준에 따라 등급 규정 구분 필요
11. 터널 공법	TBM 공법/NATM 공법/SHIELD 공법	• 공법에 따라 구조물 물량이 달라져 구분이 필요하고, 발파방식에 따른 구분 포함
12. 환기방식	자연환기/강제식(제트팬)/강제식(수직구설치)	• 터널구간 환기방식에 따라 추가공사가 발생되어 구분 필요
13. 갱문형식	아치면벽형/벨마우스형/혼합형	• 터널 시점·종점의 입구 형태에 따라 공사 방법, 물량 변동이 발생되어 구분 필요

2.4 공사비 영향 요인의 활용 및 발전방안

본 연구는 공사비 영향 요인을 도로 건설공사가 진행되는 구간 별 특징에 따라 토공(포장 포함), 교량공, 터널공으로 구분하여 주로 정량적인 공사비 영향 요인의 분석과 영향 인자를 도출하였다. 그 외 공사비에 영향을 주는 요인은 설계 복잡성, 재료 선정 성, 공사 규모와 같은 설계 요인과 공법 선정, 인력 및 장비 비용, 현장 조건 등의 시공 요인이 있다. 또한 기후 조건, 환경 규제, 기상 상태와 같은 환경적 요인과 자재 가격 변동, 환율 변동, 금융 비용 등 경제적 요인이 있으며 그리고 공사기간과 리스크 관리와 같은 관리적 요인으로 분류·정의할 수 있다.

본 연구의 공사비 영향 요인은 국도건설 공사비 관련 이기종 데이터의 수집·정제·표준화가 가능한 데이터 인프라 구축과 구조물·노선·지형 등 주요 공사비 영향 요인을 반영한 공사비 예측 데이터셋 개발에 활용될 수 있다. 또한 AI 기술을 활용한 공사비 산정·예측 모델의 설계 및 최적화와 서비스 개발에 중요한 공통 표준체계로 활용될 수 있다.

본 연구는 향후 공사비 영향 요인 중 특성 중요도 기반의 가중치 조정에 관한 연구를 통해 AI 기반 공사비 분석·예측 모델 개발 시 모델의 정확도를 개선할 수 있는 기반 기술을 제시하고자 한다. 또한 최근 중대재해처벌법 시행과 건설안전특별법 제정 예정으로 인해 건설현장의 안전관리 강화가 이루어지고 있으며, 발주처에서는 안전을 고려한 적정 공사비 및 공사기간을 산정하여 제공하도록 하고 있다. 특히 안전관리 의무를 소홀히 하여 건설현장에 재해가 발생하는 경우, 많은 과징금 및 벌금과 법적 처벌이 이루어지는 관계로 안전을 우선적으로 고려한 적정 공사비 및 공사기간 산정 체계로의 전환이 가속화될 것으로 예상된다. 이를 위해 공사비 영향 요인 중 안전이 공사비와 공사기간에 미치는 영향도 및 상관관계 등의 분석을 통해 적정 공사비 및 공사기간 산정 체계의 마련이 요구되고 있다.

3. 결론

국도건설 공사비 산정 업무의 신속성·정확성 제고 및 자동화를 위해서는 기존 수작업 중심의 경험적 산정 방식에 벗어나 데이터 기반 자동화 체계로의 전환이 요구되고 있다. 특히 최근 AI 기술의 급속한 확산으로 공사비 실적데이터 기반의 정책결정과 현장 활용이 가능한 AI 예측 모델 및 서비스 개발이 시급히 요구되고 있다.

이를 위해 본 연구는 국토부의 건설사업정보시스템에서 보유 중인 국도건설 공사비 실적데이터를 기초로 주요 공종별(토공·교량공·터널공) 공사비 영향 요인에 대해 분석하였다. 또한 설계분

야의 전문가 의견수렴을 통해 공사비 영향 요인을 정의하여 제시하였다.

본 연구는 이를 통해 구조물, 노선, 지형 등 국도건설의 주요 공사비 영향 요인을 반영한 데이터셋과 AI 분석·예측 모델 및 서비스 개발을 위한 핵심 기반을 제공할 수 있으리라 기대된다.

참고문헌

- [1] 국토교통부(MOLIT), “24 건설정보표준 운영 및 유지보수” 최종보고서, 한국건설기술연구원(KICT), 12월, 2024년.
- [2] 국토교통부(MOLIT), “25 건설정보표준 운영 및 유지보수” 최종보고서, 한국건설기술연구원(KICT), 12월, 2025년.
- [3] 옥현 외 1명, “도로건설 사업비 산출기준 현황 분석 및 개선 방안에 관한 연구”, 한국산학기술학회 춘계 학술발표논문집, 제26권 1호, pp. 711-714, 6월, 2025년.
- [4] 옥현, “AI 기술을 활용한 국도건설 공사비 데이터의 표준화 방안 연구”, 한국정보기술학회 하계 종합학술대회 논문집, Vol. 20, No. 1, pp. 191, 6월, 2025년.
- [5] 옥현, “국도건설사업의 공사비 데이터 현황 분석 및 활용방안에 관한 연구”, 한국정보기술학회 하계 종합학술대회 논문집, Vol. 19, No. 1, pp. 169, 6월, 2024년.
- [6] 조달청, “공사코드 표준화를 통한 유형별 공사비 산정방안 연구” 최종보고서, 한국조달연구원, 11월, 2020년.