



도로 유지관리 스마트기술의 공사비 산정 및 사례 분석

A Study on the Cost Estimation and Case Analysis of
Smart Technology for Road Maintenance

양구승 | (주)다산이엔지 기업부설연구소 부사장
이도근 | 한국도로협회 기술연구센터 스마트인프라연구실 책임연구원
김용일 | 서울대학교 건설환경공학부 강의전담 교수
이만수 | 서일대학교 건설시스템공학과 조교수



1. 서론

건설공사 전체 단계의 생산성, 안전성, 공정, 품질, 환경성 등을 향상시키기 위해, 건설사업의 계획·설계·시공·유지관리 전 분야에서 첨단 스마트 기술을 적용하는 사례가 국내외에서 활발하게 진행되고 있다.

이러한 스마트 건설기술이 현장에 적용되고 활성화되기 위해서는 기술 개발자, 발주자, 설계자, 시공사 및 시설관리자 등이 공유할 수 있도록 개발 기술에 대한 다양한 정보가 객관적이고 투명성 있게 제공되어야 한다. 즉, 스마트 건설기술에 대한 개요, 적용 조건, 적용 범위, 유의 사항, 기존 기술과의 비교 시 경제성, 안전성, 품질, 공정, 주변 환경에의 영향, 비용 형태뿐만 아니라 공사비 내역, 시공 단가 및 시공 방법 그리고 지적 재산권, 실적(실험 등 포함), 기타 자료 등이 객관적으로 제공되는 것이 바람직하다.

본 연구에서는 다양한 스마트 건설기술 중 주로 도로 유지관리에 활용되는 일본의 스마트 신기술에 대해, 대가 산정(공사비 산정)을 위한 주요 내역의 구성, 특징, 대표 사례 등을 중심으로 조사·분석하였으며, 특히 공사비의 비용 형태(COST TYPE)에 있어 기존 기술과의 비교, 시공량에 따른 특징 등을 중심으로 분석한 결과를 제시하였다. 분석 대상은 일본 NETIS(신기술 정보제공 시스템, New Technology Information System)에 등재된 신기술 중 최근 5년 이내에 개발·등재된 도로 유지관리를 위한 60여 개 스마트 기술을 대상으로 하였으며, 향후 국내의 도로 유지관리를 위한 스마트 건설기술의 개발과 실용화 및 활성화에 참조가 될 수 있도록 하였다.

2. 도로 유지관리 스마트 건설 기술 사례(공사비 반영 및 산정 중심)

도로 유지관리에 관한 다양한 스마트 건설기술의 대표적인 사례 중의 하나로서, 기술의 특징, 시공 순서 및 공사비 산정 시 활용되는 주요 내역 등을 중심으로 도로점검 스마트 기술의 사례를 소개하면 다음과 같다.

2.1 기술명 : 스마트폰 활용 도로점검 DX 시스템

2.2 기술 개요 및 특징

가. 이 기술은 순찰차 등에 장착한 스마트폰을 활용한 도로 점검 DX 시스템이다. 기존에는 육안 점검과 전용 차량에 의한 노면 성상(性狀) 조사를 하였으나, 본 기술을 통해 도로 순찰 효율화와 노면 점검을 동시에 실시할 수 있어 도로관리 품질향상과 점검 비용절감을 기대할 수 있다.

나. 점검원의 육안 판단에 의존하던 도로 순찰이나 노면 점검 대신 AI 화상 진단을 도입함으로써 점검원의 경험치·숙련도 차이에 따른 편차 없이 일정한 평가가 가능해지고, 손상 부분의 누락도 방지할 수 있어 품질 향상으로 이어진다.

- 다. 고가의 전용 차량(노면 성상 측정차 등)에 의해 실시하던 노면 점검이, 범용성이 높은 스마트폰 기기의 활용으로 도로 패트룰(일상 관리) 기회를 통해 가능해졌으며, 전문 점검원도 불필요해져 점검 비용(기기·인건비)을 절감할 수 있다.
- 라. 도로를 높은 빈도로 점검하고 AI를 통해 준 실시간으로 진단할 수 있어, 긴급 보수 및 주민 요청·통보에 신속하게 대응할 수 있으며, 포장 손상 상황을 웹 지도 상에서 시각화할 수 있다.

2.3 적용범위

- 가. 적용 가능한 범위 : 정상적으로 차량이 다닐 수 있는 포장 도로 (계측속도 0 - 80km/h)
- 나. 특히 효과가 높은 적용 범위 : 포장 도로의 점검
- 다. 적용할 수 없는 범위
- GPS를 장시간 수신할 수 없는 경우에는 IRI·단차해석 적용 불가
 - 야간시 등의 충분한 빛의 양을 얻을 수 없는 경우에는 화상 해석 적용 불가
 - 긴 터널 구간 등 GPS·빛의 양 모두 장시간 충분히 취득할 수 없는 경우 적용 불가

<표 1> 활용효과 (비용형태(COST TYPE) B + 형 ([그림 2] 비용 형태(cost type)의 분류 참조)

비교 기존 기술	육안 점검과 전용 차량에 의한 노면 성상 조사	
항목	활용 효과	비교 근거
경제성	향상 (32.67%)	스마트폰, AI분석 활용으로 작업 인·공(人·工) 감소
공정	단축 (30.14%)	스마트폰, AI분석 활용으로 작업 일수 감소
품질	향상	순찰자가 확인할 수 없는 경미한 손상(포트홀)도 검지 가능
안전성	비슷한 정도	-
시공성	향상	스마트폰이나 AI 해석의 활용으로 작업 간소화(전용 차량, 조사원 등 필요 없음)
주변 환경에의 영향	비슷한 정도	-
기타·기술의 특징	기존에는 전용차량이나 조사원이 필요해, 점검비용이 높다는 과제가 있었지만, 본 기술은 일반 차량에 스마트폰을 탑재해 누구나 쉽게 점검이 가능한데다 AI 기술로 기존과 동일한 분석을 할 수 있게 되어, 점검작업 효율화 및 점검비용 절감이 가능해짐.	

<표 2> 기존기술과의 경제성 등 비교

* 기준수량 : 100km 작업

(원: 엔 환율기준 10:1)

구 분	스마트 신기술	기존기술	향상 정도
경제성	14,335,000원	21,290,000원	32.67%
공정	25.5일	36.5일	30.14%

<표 3> 스마트 신기술의 내역

(원:엔 환율기준 10:1)

항목	규격	수량	단위	단가	금액	비고
계획 준비	-	1	식	914,000원	914,000원	-
협의	-	1	식	343,000원	343,000원	-
자료조사	-	100	km	10,490원	1,049,000원	-
노면성상측정	일반차량에 스마트폰을 설치	100	km	37,030원	3,703,000원	노면 성상 측정을 수주자가 실시하는 경우는 계상
데이터 해석	본 시스템 (GLOCAL-EYEZ)	100	km	57,400원	5,740,000원	-
점검기록 양식 작성	양식A, 점검사진작성	100	km	10,490원	1,049,000원	-
xROAD 등록	-	100	km	15,370원	1,537,000원	xROAD에 등록하는 경우

2.4 시공 단계 설명

- 가. 공통 시공조건 : 시공수량 100km, 일반국도
- 나. 스마트 신기술 : 스마트폰을 통한 도로 점검 DX 시스템 GLOCAL-EYEZ에 의한 포장 점검, 갈라짐, 바퀴자국 패임, IRI의 평가 등
- 다. 기존 기술 : 노면 성상 측정차에 의한 포장 점검, 갈라짐, 바퀴자국 패임, IRI의 평가 등

2.5 시공방법(작업 내용 및 절차)

- 가. 스마트폰에 GLOCAL-EYEZ 앱을 설치하고 부팅, GLOCAL-EYEZ 앱에 계정 입력
- 나. 스마트폰을 차량에 설치 : 설치 후 차량 휠베이스와 스마트폰 설치 위치로부터 앞바퀴까지의 거리를 컨벡스로 측정하여 GLOCAL-EYEZ 앱에 입력
- 다. 점검(촬영 시작 버튼과 정지 버튼 누름)
- 라. 점검 종료 후, 촬영 동영상상을 10m마다의 화상으로 변환
- 마. 이미지 데이터를 AI 분석 클라우드 서버에 업로드
- 바. 인터넷에 접속할 수 있는 단말기(PC 등)에서 GLOCAL-EYEZ의 HP에서 전용어카운트로 로그인하여 점검 결과(AI 해석 결과)를 확인
- 사. 노면점검장표 출력이 필요한 경우는 도로대장 등의 노선 기본정보를 바탕으로 시스템 관리자 측에서 점검기록 양식을 출력

[그림 1] 시스템 개요



3. 비용 형태(COST TYPE)의 분석

본 연구에서 조사·분석한 60개 이상의 도로 유지관리 관련 스마트 건설기술의 비용 형태(COST TYPE)에 대해, 시공량의 증가에 따른 공사비의 변화 양상별로 6가지 형태로 구분하여 비교, 분석한 결과는 다음과 같다.

3.1 비용 형태(cost type)

본 연구에서 활용하고 있는 각 스마트 건설기술의 다양한 비용 형태의 분류는 다음과 같다.

[그림 2] 비용 형태(cost type)의 분류 (스마트 신기술 : 청색 실선, 기존기술 : 적색 점선)

구분	cost type		설명
손익분기점형 : A	A(+) 	A(-) 	플랜트 설치 등 초기 투자에 비용이 들지만, 건설량이 증가하면 단위당 단가가 감소하는 형태 ※ 잔토 처리 기술 등
병행형 : B	B(+) 	B(-) 	도입 시점부터 단가 차이가 있으며, 시공량에 관계없이 그 차이의 변화가 없는 형태 ※ 건설기계 등의 차이로 인한 기술 등
발산형 : C	C(+) 	C(-) 	도입시 단가 차이 유무에 관계없이, 시공량에 비례하여 단가 차이가 증가하는 형태 ※ 재료 및 제품을 포함하는 기술 등

※ 비용 형태(cost type)의 분류 (cost(수직축) - 시공량(수평축))

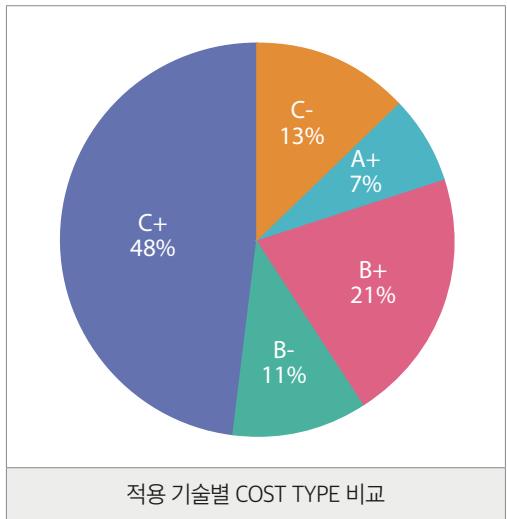
3.2 분석 결과

본 연구에서 조사·분석한 60개 이상의 도로 유지관리 중심의 스마트 건설기술들을 대상으로, 6가지 비용 형태별로(cost type : A+, A-, B+, B-, C+, C-) 분석한 결과는 다음과 같다.

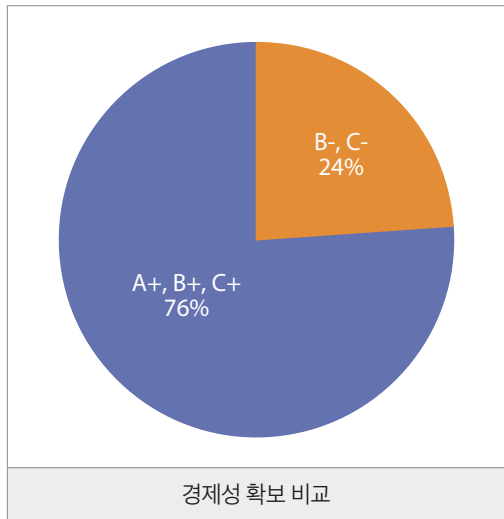
<표 4> 비용 형태(cost type)의 분포

구분	A+	A-	B+	B-	C+	C-
빈도	4	0	13	7	30	8

[그림 3] 비용 형태(cost type)의 분석 결과1



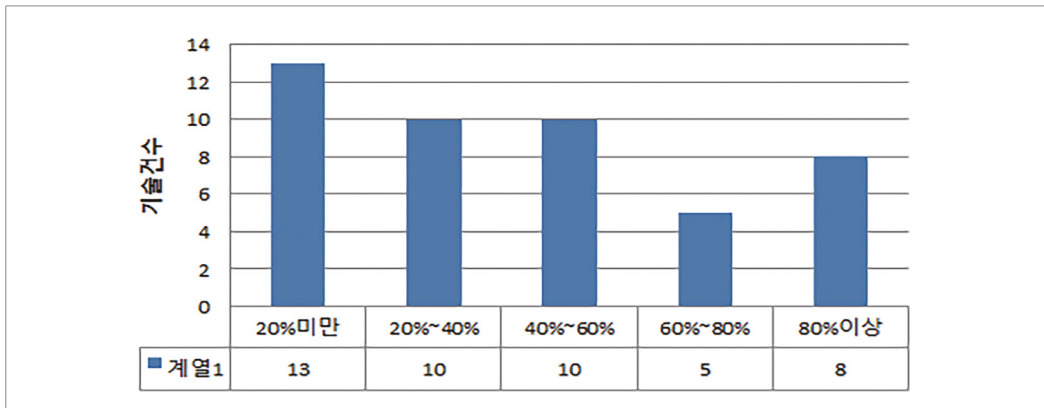
[그림 4] 비용 형태(cost type)의 분석 결과2



분석 결과, 도로 유지관리 중심의 스마트 건설기술의 경우 시공량에 따라 기존 기술과의 비용 차이가 초기부터 점점 커지는 형태(C+)가 48%로 가장 많았다. 또한 시공량이 증가함에 따라(시공 초기 포함) 결국 기존 기술보다 경제성이 확보되는 경우(A+, B+, C+)가 76%로, 대부분 기존 기술 대비 경제성을 확보하는 것으로 나타났다. 특히 적용 초기부터 기존 기술보다 경제성이 확보되는 경우(B+, C+)의 비율은 약 70%에 달해, 도입 초기부터 상당수가 경제성을 확보하는 것으로 파악되었다.

반면 초기 소요 비용이 커서 시공량이 증가하더라도 기존 기술 대비 경제성이 확보되지 못할 것으로 예상되는 경우는 24% 정도였으며, 이러한 경우 직접적인 경제성 확보는 어렵지만 대부분 공기 단축, 품질 향상 등으로 인한 효율성 증대와 안전성 향상이 동반되는 것으로 나타났다.

[그림 5] 기존기술대비 비용 절감 비율 분포(수평축 : 비용절감 비율)



또한 비용 면에서 기존 기술에 비해 절감 효과가 있는 스마트 신기술의 경우, 분석 대상 기술 중 약 70% 정도가 기존 기술 대비 60% 이하의 절감 효과를 보이는 것으로 나타났다(그림 5 참조).

한편 분석 결과, 기존 기술 대비 오히려 비용이 증가하여 경제성 면에서 불리한 기술들(cost type A-, B-, C- 등)의 경우 대부분 20% 이하의 비용 상승 비율을 보이는 것으로 나타났다.

4. 맺음말

본 연구에서는 다양한 스마트 건설기술 중 주로 도로 유지관리에 활용되는 일본의 스마트 신기술에 대해, 대가 산정(공사비 산정)을 위한 주요 내역의 구성, 특징, 대표 사례 등을 중심으로 조사·분석하였으며, 특히 공사비의 비용 형태(COST TYPE)에 있어 기존 기술과의 비교 및 시공량에 따른 특징 등을 중심으로 분석한 결과를 제시하였다. 분석 대상은 일본 NETIS(신기술 정보제공 시스템, New Technology Information System)에 등재된 신기술 중 최근 5년 이내에 개발·등재된 도로 유지관리를 위한 60여 개 스마트 기술을 대상으로 하였으며, 향후 국내 도로 유지관리를 위한 스마트 건설기술의 개발과 실용화 및 활성화에 참조가 될 수 있도록 하였다.

공사비 산정을 위한 주요 내역은 작업 절차의 분류 → 작업 절차별 소요 시스템, 센서, 기기, 인력, 자재, 장비 등의 분류 → 각(작업 또는 비용) 항목별 공사비 반영 및 산정 내역의 작성 순으로 구성되어 있으며, 대표적인 공사비 산정 사례(도로 점검 스마트 기술)를 소개하였다.

본 연구에서 조사·분석한 60여 개 이상의 도로 유지관리 중심 스마트 건설기술을 대상으로 6가지 비용 형태별(cost type: A+, A-, B+, B-, C+, C-)로 분석한 결과, 시공량에 따라 기존 기술과의 비용 차이가 초기부터 점점 커지는 형태(C+)가 48%로 가장 많았다. 또한 시공량이 증가함에 따라(시공 초기 포함) 결국 기존 기술보

다 경제성이 확보되는 경우(A+, B+, C+ 형태)는 76%로, 대부분 기존 기술에 비해 경제성을 확보하는 것으로 나타났다. 특히 적용 초기부터 기존 기술보다 경제성이 확보되는 경우(B+, C+ 형태)의 비율은 약 70%에 달해, 적용 시부터 상당수가 경제성을 확보하는 것으로 파악되었다.

한편 초기 소요 비용이 커서 시공량 증가에도 불구하고 기존 기술에 비해 경제성이 확보되지 못할 것으로 예상되는 경우는 대상 기술 가운데 24% 정도였으며, 이러한 경우 직접적인 경제성 확보는 어렵지만 대부분 공기 단축, 품질 향상 등으로 인한 효율성 증대와 안전성 향상이 동반되는 것으로 나타났다.

또한 비용 면에서 기존 기술에 비해 절감 효과가 있는 스마트 신기술의 경우, 분석 대상 기술 중 약 70% 정도가 기존 기술 대비 60% 이하의 절감 효과를 보이는 것으로 나타났으며(그림 5 참조), 기존 기술 대비 오히려 비용이 증가하여 경제성 면에서 불리한 기술들의 경우 대부분 20% 이하의 비용 상승 비율을 보이는 것으로 나타났다.

그동안 많은 투자와 노력을 거쳐 국내에서도 건설 공사의 계획, 설계, 시공 분야에서 다양한 스마트 기술이 개발되어 왔다. 이와 더불어 향후 (도로) 시설물의 완공 후 유지관리 측면에서도 다양한 스마트 기술이 본격적으로 개발될 필요가 있다고 판단되며, 본 연구 결과가 개발 기술들의 실용화 및 활성화에 도움이 되기를 기대한다. 🇫🇷

참고 문헌

1. 건설공사표준품셈, 국토교통부(2025)
2. 건설업 임금실태 조사 보고서, 대한건설협회(2025)
3. 국토교통부 누리집(<https://www.molit.go.kr> 정보마당/훈령·예규·고시/공고)
4. 한국건설기술연구원 공사비원가관리센터 누리집(<https://cost.kict.re.kr>)
5. 도공기술마켓(<https://market.ex.co.kr>)
6. 신기술정보제공시스템(<https://netis.mlit.go.jp>)
7. 일본 공공공사 신기술 정보제공시스템(NETIS)소개, 방재관리연구센터 김정곤(2024)
8. 3기 신도시 설계적용 건설기술 향상방안 수립, 대한토목학회(2024)
9. SW사업 대가산정 가이드, 한국소프트웨어산업협회(2024)
10. 스마트 건설기술 현장적용 가이드라인, 국토교통부(2021)
11. 건설엔지니어링 대가 등에 관한 기준, 국토교통부(2023)
12. 2024년 하반기 건설공사 표준시장단가, 국토교통부(2024)
13. 도로건설공사 안전관리비 산정 가이드라인, 국토교통부(2024)
14. 스마트 건설기술 활성화를 위한 제도/정책 발굴 및 실행방안연구, 한국건설산업 연구원, 대한건설정책연구원, 한국건설인정책연구원(2024)
15. 스마트 건설기술의 적용 사례 분석(공사비 반영 및 산정을 중심으로), 양구승, 이상현외 KSCE(2022)
16. 프리캐스트 콘크리트 스마트기술의 공사비 산정 및 사례 분석 양구승, 김용일의 KSCE(2024)

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원(스마트 건설기술개발사업, 도로실증을 통한 스마트 건설기술 개발/과제번호 RS-2020-KA156902)의 지원으로 수행된 연구임을 밝히며 이에 감사드립니다.