

# 교량점검 자동화 장비도입에 대한 타당성 분석

## Feasibility Analysis for Introducing Automation for Bridge Inspection

이 태 식\* · 이 종 세\*\* · 구 자 경\*\*\* · 황 인 호\*\*\*\*

Lee, Tai Sik · Lee, Jong Seh · Koo, Ja Kyung · Hwang, Inho

### 요 약

교량시설물은 차량소통을 용이하게 하는 주요 사회간접자본 시설의 하나로 도로교통에서 매우 중요한 구조물로, 시공 이후 사용에 따른 열화부위 발생 시 그 교체가 어렵고 교통에 많은 영향을 미치기 때문에 유지관리를 위한 주기적인 점검 및 진단이 요구된다. 하지만 열악한 작업 환경과 점검작업을 통해 발생하는 데이트의 객관성 확보 및 체계적인 관리에 많은 제약이 따라 이를 해결하기 위한 방안으로 자동화 장비를 도입하는 것을 고려할 수 있다. 본 연구는 이를 위해 경제적 타당성 검토를 위한 모델을 제안하고 기존 작업과 자동화 도입에 따라 예상되는 요소들을 비교하여 교량시설물 점검작업을 자동화할 때 경제적으로 어떤 가치가 있는지 알아보하고자 하였다. 자료의 제약으로 인해 현 단계에서 명확한 경제적 타당성을 검토하는데 제약이 있으나 향후 연구를 통해 교량시설물 점검작업의 자동화에 대한 구체적인 가치를 제시하고자 한다.

키워드: 교량, 유지관리, 점검작업, 자동화, 경제성, 타당성 분석

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

교량시설물은 차량소통을 용이하게 하는 주요 사회간접자본 시설의 하나로 도로교통에서 매우 중요한 구조물이다. 과거 성수대교의 예에서도 알 수 있듯 교량시설물은 시공뿐만 아니라 사용단계에서의 지속적인 유지관리가 생애주기 동안 교량시설물의 사용에 큰 영향을 미침을 알 수 있다. 교량시설물은 시공 이후 사용에 따른 열화부위 발생 시 그 교체가 어렵고 교통에 많은 영향을 미치기 때문에 유지관리를 위한 주기적인 점검 및 진단을 통한 지속적인 관리가 이뤄지지 못할 경우 많은 비용을 투자하고도 더 많은 비용을 들여 구조물을 유지해야 하는 경우가 발생하게 된다.

하지만 교량시설물의 유지관리를 위한 점검작업을 수행하는데 있어 점검자가 외부에 직접 노출되어 안전관리 측면에서 매우 취약하며, 육안에 의한 점검결과를 다시 캐드

도면으로 전환하는 과정에서 발생하는 작업오차는 교량 점검에 따른 데이터 관리 및 활용측면에서도 불확실성을 야기하고 있다. 이로 인해 교량 유지관리를 위한 점검 작업에 대해 자동화를 도입하기 위한 방안이 다양하게 검토되고 있으나 실제 자동화 도입에 따른 경제적인 측면에 대한 검토는 이뤄지지 않고 있는 실정이다.

이에 본 연구는 교량시설물 점검작업을 자동화 하는데 있어 고려할 수 있는 요인들을 바탕으로 자동화 도입에 따른 경제적 타당성을 예측하기 위한 모델을 개발하고 이를 이용하여 자동화 도입에 따른 타당성을 검토하고자 한다.

### 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 교량시설물 점검작업 수행에 따른 지침 및 대가산정 기준을 통해 기존 점검작업 수행간 투입되는 작업자 및 작업일수 등을 파악하고, 현재 점검작업 비용 산출에 요구되는 요인들을 바탕으로 비용모델을 제안하고자 한다. 현재 교량시설물 점검작업 자동화 장비가 개발단계임을 고려하여 관련 변수들에 대한 다양한 검토를 통해 향후 개발해야 할 교량점검 자동화 장비의 성능 목표를 제안하는데 참조할 수 있도록 하고자 한다.

본 연구에서 언급하는 교량시설물 점검은 현재 사용되고 있는 다양한 교량형식 중 PSC 박스거더 교량 및 슬래브 교량을 대상으로 하는 정기점검 작업으로 한정하고자 한다.

\* 종신회원, 한양대학교 건설환경시스템공학과 교수, 공학박사  
\*\* 일반회원, 한양대학교 건설환경시스템공학과 교수, 공학박사  
\*\*\* 일반회원, 한양대학교 토목공학과 박사과정, 공학석사, nalty@hanyang.ac.kr  
\*\*\*\* 일반회원, 한양대학교 토목공학과 박사과정, 공학석사,  
본 연구는 건설교통부 첨단융합건설기술개발사업 및 교육인적자원부의 2단계 두뇌한국21(BK21) 연구비 지원에 의한 연구의 일부임.

이는 현재의 기술을 고려할 때 그 외의 교량의 경우 구조물의 복잡성으로 인해 자동화 장비의 현장 적용에 어려움이 있을 것으로 판단되며, 장비 개발의 범위가 정기점검 간 수행하는 점검에 대한 부분에 한정되어 있기 때문이다.

## 2 교량 점검작업 고찰

### 2.1 교량시설물 점검 지침

구조물 유지관리와 관련하여, 시설물의 안전관리에 관한 특별법(이하 시특별)은 교량의 안전점검 시기에 대해 시설물의 노후도, 손상정도에 관계없이 모든 점검항목을 일률적으로 규정하고 있다.

이에 비해 OECD국가(우리나라 제외) 대부분은 점검의 목적을 명확하게 규정하고 교량의 상태나 특성을 감안하여 유연하게 점검횟수를 정해 보다 실효성 있는 교량의 안전 점검을 수행하고 있다.

이는 점검작업의 자동화 도입을 고려하기에 앞서 개선의 여지가 있는 것으로 판단된다.<sup>1)</sup>

표 1 우리나라와 OECD 국가의 점검시기의 비교

점검구분	국내	일본	OECD
정기점검	반기별 1회 이상	주 1회에서 년 1회로 위치별로 상이	1회/1~2년 (General inspection)
정밀점검	2년에 1회 이상	5년에서 7년마다 1회	1회/3~10년 (Major inspection)
정밀 안전진단	5년에 1회 이상	상세조사 점검결과 필요할 때	점검결과 필요시 (Special inspection)

### 2.2 교량 점검 작업 환경

기존의 교량 유지관리를 위한 작업 형태는 크게 교량의 작업통로를 이용하거나 또는 별도의 도구(작업비계, 굴절사다리차 등)를 이용하여 작업을 수행하는 것으로 구분할 수 있다. 하지만 모두 점검작업을 위한 점검자가 교량의 하부 또는 측면에 직접 투입되어 교량을 육안으로 점검한다는 점에서 큰 차이는 없는 것으로 볼 수 있다.

교량 점검을 위한 작업현장은 교량시설물의 특성상 지상 또는 수면으로부터 이격 거리가 멀어 추락사고 발생 시 인명피해로 직결되며, 점검을 위한 기존 공간 자체가 협소하여 작업을 수행하기 위한 활동에 많은 제약이 따른다. 협소한 공간을 극복하기 위한 방안으로 교량 점검차를 이용하는 경우도 교량 하단의 상황을 점검차 조종자가 파악하는데 어려움이 있기 때문에 효과적이지 못하며, 작업을 위한

1) 향후 점검작업의 자동화 도입이후 점검장비의 활용성 증대와 관련하여 제도 개선을 위한 검토가 요구되나 본 연구는 자동화 도입의 경제적 타당성 분석에 관한 연구로 본 연구에서는 고려하지 않는다.

활동공간이 제약에서 크게 벗어나지 못한다. 또한 장비를 이용하는 경우도 결국은 점검자가 외부에 직접 노출되어 안전이 완전히 보장될 수 없는 것이 현재의 작업환경이다.

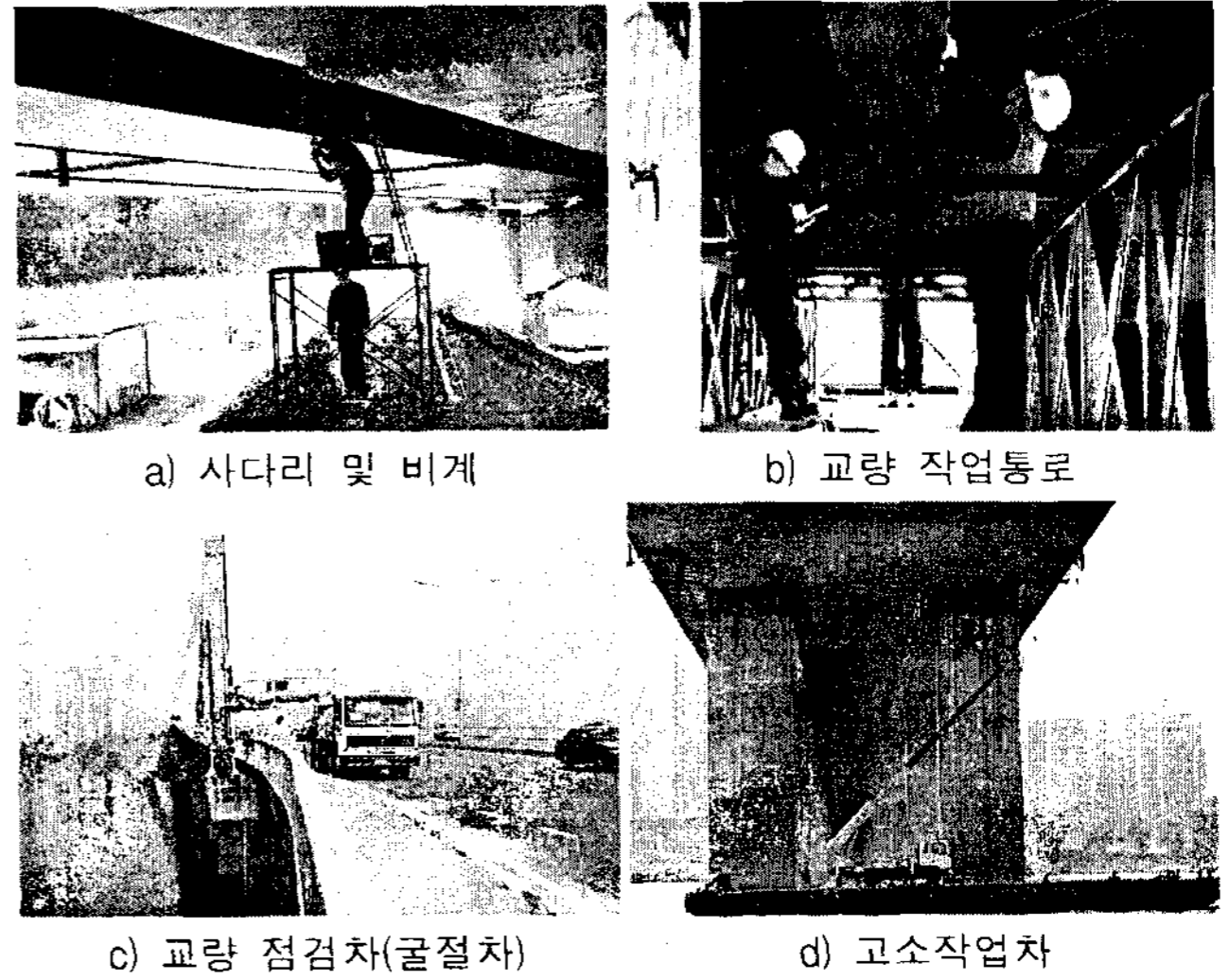


그림 1. 기존 교량의 활용 도구별 유지관리 작업 형태

### 2.3 교량 점검 정보 생성

교량 점검에 따라 다양한 점검 정보가 발생하지만 점검자가 직접 육안으로 이를 확인하고 수기로 작업하는 과정에서 정보의 정확성이 떨어지는 문제가 발생한다. 또한 점검 작업을 위한 공간의 제약으로 인해 정보의 누락이 발생하는 것도 정보생성 단계의 문제점으로 볼 수 있다. 이러한 정보생성 단계에서의 문제는 이를 데이터베이스화 하여 관리하는데도 어려움으로 작용한다.

이와 관련하여 해외의 경우 교량구조물과 비슷한 성격을 갖는 도로를 대상으로 영상장비 기반의 점검 자동화 장비가 일부 개발되어 활용되고 있으며, 터널에 대한 장비들도 개발되어 활용되고 있는 실정이다.

국내의 경우도 이와 관련한 연구들이 있으나 관련 장비의 직접적인 개발보다는 원활한 점검을 위한 영상장비 중심으로 연구가 진행되어 실제 활용은 아직 미흡한 실정이며, 도로교통기술원이 무인교량점검 로봇시스템(U-BIROS)를 개발하여 현재 활용 중에 있으나 영상판독을 위한 H/W 및 S/W의 지속적인 발전으로 인해 향후 개선의 여지가 많은 것으로 판단된다.

### 2.4 교량 점검 정보 관리

유지관리 업무에 따른 관련 정보가 방대하게 발생하고 있으나 정보 발생단계에서 객관성의 부족과 발생 이후 효율적인 관리방안이 미흡하여 그 활용도가 낮다. 특히 첨단 IT 기술을 도입한 시설물안전관리시스템을 개발하여 적용하고 있는 국가 중 대표적인 미국과 비교하면 우리나라의 경우 유지관리에 따른 자료를 관리대장에 의존하고 있기

때문에 활용도가 낮고 체계적인 분석이 이루어지지 않고 있다.

미국의 경우에는 90년대 초반부터 교량 점검에 따른 정보관리를 위한 연구를 수행하여 교량의 안전 및 유지관리 사항에 대해 현장과 사무실에서 전산입력이 가능하며 이 시스템을 통하여 손상경향분석, 손상등급판정, 잔존수명평가 결정, 안전 및 유지관리의 경제성 분석, 보수우선순위 결정 등과 관련된 정보를 생산하여 활용하고 있다. 또한 캐나다 및 덴마크 등 미주 및 유럽 국가들도 자체적인 정보관리를 위한 시스템을 구축하여 활용하고 있다.

우리나라도 90년대 초반부터 시설물 유지관리에 따른 정보관리의 중요성이 부각되면서 일부 교량에 대하여 교량관리시스템을 구축하여 각종 정보를 수집하고 있지만 아직까지 그 활용도가 높지 못한 실정이다. 이는 앞서 언급했던 정보발생 단계의 객관성 부족과 함께 현재 정보입력 및 관리방법의 문제와도 관련이 있으며, 다양한 이유로 인해 적극적인 활용은 미흡한 실정이다.

표 2 우리나라와 미국의 교량관련 자료관리 실태의 비교

구 분	건설교통부	서울시	미국
관리 시스템	-교량관리시스템 -시설물관리대장	시설물관리대장	교량관리시스템
자료입력	-사무실에서 전산입력 -대장에 수작업 기록	대장에 수작업 기록	현장과 사무실에서 전산입력
활용내용	-기록보존 -보수우선순위 결정	점검 및 보수에 대한 기록보존	-기록보존 -손상경향분석 -손상등급판정 -잔존수명평가 -경제성 분석 -보수우선순위 결정

### 2.5 교량 유지관리 자동화 도입의 필요성

현재 다양한 교량 유지관리 작업의 자동화를 위한 연구가 수행되고 있음은 자동화의 필요성을 간접적으로 입증하는 것으로 볼 수 있다. 자동화 도입의 필요성은 크게 두 가지 측면에서 생각할 수 있다.

첫 번째는 점검자의 안전관리 측면이다. 앞서 기술한 바와 같이 열악한 작업환경에서 점검자를 보호하기 위한 가장 적극적인 해결방안은 점검자가 직접 투입되는 현재의 방식을 개선하여 이를 대체할 수 있는 장비로 개선하는 것이다. 점검작업을 위해 교량에 점검자가 직접 접근하는 현재의 방식을 개선하면 기본적으로는 인력 투입으로 인해 발생할 수 있는 안전사고 발생을 근본적으로 차단할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 점검자를 별도의 장비로 대체하는 것은 점검작업에 소요되는 인건비 절감에도 기여할 것으로 기대된다.

두 번째는 유지관리에 따른 정보의 생성, 처리, 관리 등 데이터 관리 측면에서 생각할 수 있다. 앞서 기술한 바와 같이 현재의 작업방식은 개별 점검자의 육안 검사로 인해 점검에 따른 부분적인 판단은 명확하게 할 수 있으나 주관적인 판단으로 인해 점검결과에 대한 개인차가 발생할 수 있다. 또한 점검 기록을 현재 활용하고 있는 시설물 관리 시스템으로 전환하는 과정에서 작업오차로 인한 정보의 신뢰성이 감소되며, 장기적인 차원에서 유지관리 정보의 정확성이 떨어질 수 있다. 점검작업에 따른 정보의 수집 및 관리과정을 자동화 할 경우 교량 유지관리 작업의 신뢰성 향상과 함께 장기적으로 경제적인 교량의 활용에도 기여할 것으로 판단된다.

현재 계획중인 교량점검 자동화를 위한 기본 방향을 고려할 때, 기존 작업과 자동화 도입에 대한 비교는 표 3과 같이 예상해 볼 수 있다.

표 3 교량 점검작업 자동화 도입의 효과

구 분	육안 검사	자동화 로봇	비 고
작업차량 공간	2개 차선	1개 차선 (또는 갓길)	·안전도 향상 ·교통장애 감소 ·Cost 절감 ·일관된 자료 관리
작업 인원	10~12명	2~4명	
작업 속도	10~30m/일	40~50m/일	
DATA	수기 Analog Data	영상 Digital Data	
Data 관리	수작업으로 CAD에 입력	자동입력 및 관리	
crack 정밀도	0.5 mm	0.1 mm	
신뢰도	미흡(주관적)	우수(객관적)	

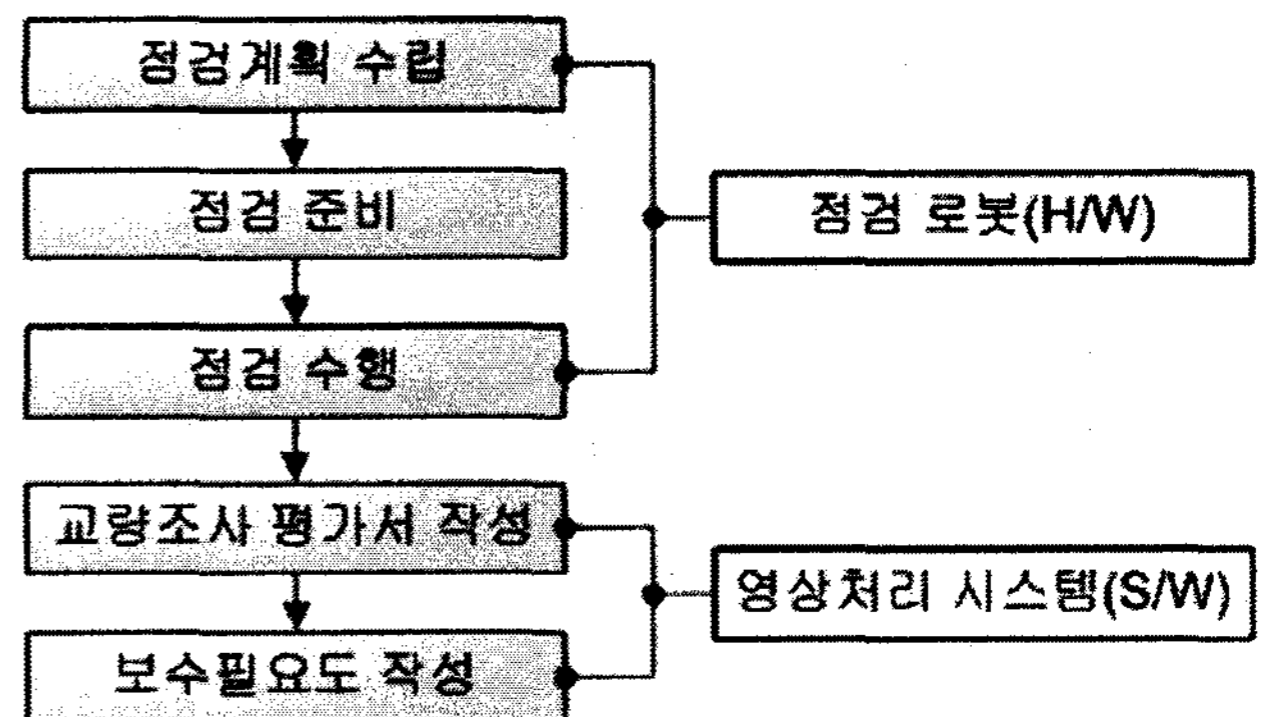


그림 2 기존 작업에 대한 자동화 장비 개발 대상

### 3. 교량 점검작업 비용 산정

#### 3.1 현행 교량 점검작업 비용 산정 방식

시특법 시행령에 의한 안전점검 및 정밀안전진단 대가 (비용산정)기준은 교량을 비롯하여 터널, 항만, 댐 등 다양한 시설물의 규격에 따른 대가 산정 기준을 제시하고 있다. 교량 점검작업에 따른 대가 산정에 요구되는 비용 항목은 표 4와 같다.

표 4 교량 점검 비용 구성 항목 및 내용

비용 항목	내용
직접인건비	·점검 및 진단업무에 직접종사 하는 인원의 기본급료 외 보험료 등을 포함한 것으로서 기준 시설물에 대한 기준인원수(고급기술자 수준으로 환산)에 대해 조정비를 적용하여 산출 ·고급기술자에 대한 노임단가는 한국엔지니어링진흥협회의 건설 및 기타 부분 노임단가 기준을 따름 ·야간 및 휴일 등의 작업이 불가피한 경우, 근로기준법에 따라 통상임금의 일정 비율을 가산
제경비	·직접비에 포함되지 아니하는 간접비로 직접인건비의 110~120%로 계상
기술료	·안전진단 전문기관 등이 개발, 보유한 기술의 사용 및 기술 축적을 위한 비용으로서 직접인건비와 제경비를 합한 금액의 20~40%로 계상
직접경비	·당해 점검 및 진단업무의 수행에 필요한 점검 및 진단요원 등의 현지여비 및 체재비, 현지운영 등에 필요한 비용을 포함하며 실비로 계상
선택과업 비용	·기타 유지관리 작업에 요구되는 추가 업무에 관한 비용

표 4의 제경비 및 기술료 산정방법에서 알 수 있듯이 시특법은 점검비용을 산정하는데 있어 점검작업에 투입되는 직접인건비를 기준으로 산출한다. 인건비 산정에 소요되는 교량시설물별 기준인원은 고급기술자를 기준으로 표 5와 같이 요구된다.

표 5 교량시설물에 따른 고급기술자 수

(단위 : 인·일)

규격	정밀안전진단		정밀점검		정기점검		
	전체	외업	전체	외업	전체	외업	
도로교	50m	79	31	16	13	8	7
	100m	95	35	17	14	8	7
Con'c 4차로	300m	158	50	22	18	11	9
	500m	174	65	26	22	13	11
	1000m	212	104	32	28	16	14
	2000m	290	182	46	42	23	21

### 3.2 교량 점검작업 비용 산정 방식의 문제점

교량 점검작업의 자동화 도입에 따른 경제적 타당성 분석을 하기 위해서는 기존 점검작업과 자동화 도입에 따른 비용항목을 서로 비교할 필요가 있다. 국내 시설물 전반을 관리하고 있는 한국시설안전공단의 경우 시설물정보관리중

합시스템(FMS)을 통해 점검작업 용역을 수행하는데 소요되는 용역비용을 산정하는데 있어 위에서 제시한 시특법의 점검작업 비용 산정비용을 바탕으로 비용을 제시하고 있다. 그러나 한국시설물관리공단 외에 교량 점검작업을 수행하는 업체들의 용역비용은 FMS를 통해 계산되는 비용보다 낮은 금액으로 용역을 수행하고 있다. 또한 공단 내부적으로도 현재의 대가산정간 요구되는 고급기술자 수의 책정이 과다하여 실제 용역작업에 비해 높게 책정되고 있다는 의견이 제시되고 있다.

이를 고려할 때 자동화 도입에 따른 경제적 타당성을 검토하기 위한 기준 비용으로 시특법의 산정기준을 이용하는 것이 타당하다고 할 수는 없으나 이를 제외하고는 기존 점검작업 비용을 산정하기 위한 객관적인 기준이 부족하며, 정부에서 제시하는 기준임을 고려할 때 이를 기준으로 자동화 도입에 따른 비교 대상으로 삼고자 한다.

### 3.3 교량 점검작업 비용 산정 시 고려 요인

교량시설물 유지관리 점검 작업의 자동화 도입시 기존 작업과 비교할 수 있는 비용 요소는 표 6과 같다.

표 6 자동화에 따른 기존 작업 요소와의 비용 비교 Factor

구분	기존 작업	자동화 도입	비고	
자동화 장비 개발비	고려하지 않음	고려 함	기존작업의 경우 기존 장비 운영비용을 고려함	
장비 운영비	고려 함	고려 함	굴절차를 이용하는 작업일 경우로 가정	
장비 관리비	고려하지 않음	고려 함	굴절차 외 추가 부착 장비에 대한 유지관리 비용	
투입 인원	외업	13~42 (인·일)	2~5 (인·일) 차량기사(공통) 작업보조자(공통) 점검자/장비조작자	
	Data 입력	1인 이상	1인	작업 간 실시간 Data 저장 및 분석
	Data 분석	1인 이상	1인	
작업일수	-	기존 작업의 1.5~4배	<표 3 참조>	
통행제한에 따른 비용	높음	낮음		
데이터 관리 비용	높음	낮음	활용성 증대에 따른 기회비용 포함	

기존 교량 점검 형태별로 기술자 투입 현황이 다르고 점검 작업 방식에 따라 추가적으로 고려해야 하는 요소가 있기 때문에 위에서 제시하는 비용 요소만을 가지고 비용을 비교하기에는 어려움이 있으나 기존 비용 산정이 기술자를 이용하여 일괄적으로 산정하고 있음을 고려할 때 기본적인 타당성 검토를 위한 비용모델을 제시할 수 있을 것으로 판

단된다.

#### 4. 교량 점검 자동화의 경제적 타당성 예측

##### 4.1 타당성 검토 모델

교량시설물의 유지관리를 위한 점검작업을 수행하는데 자동화를 적용하기 위해서는 무엇보다 자동화를 도입할 경우 기존 작업에 비해 경제적으로 타당성을 보일 수 있어야 한다. 자동화를 도입하는데 있어 안전성 확보 등 경제적 측면을 제하고 타당성을 검토하는 방법도 고려할 수 있으나 본 연구는 자동화 도입을 통해 안전성 및 작업성이 크게 개선된 것을 가정하고 경제적인 비교만을 통해 자동화 도입의 타당성을 검토하고자 한다.

교량시설물 점검작업을 수행하는데 있어 경제성은 자동화 장비를 도입하는데 요구되는 장비의 개발비용, 장비를 운영하는데 소요되는 작업인력의 인건비, 장비 운영 및 유지관리비용과 같은 직접 비용과 데이터 유지관리 비용, 작업시간 감소에 따른 비용 등과 같은 간접비용 항목을 기존의 교량시설물 점검작업에 소요되는 비용을 비교하여 검토할 수 있다. 이러한 비용이 장비의 내구연한 내에 기존의 작업을 통해 소요되는 비용보다 경제적인 모습을 보여주지 못하면 교량시설물 점검작업의 자동화 도입은 불가능하다. 하지만 본 연구에서는 현재 교량시설물을 점검하는데 소요되는 비용을 산출하기 위한 별도의 모델이 없음을 고려하여 비교대상을 시투법에서 제시하는 용역비 산정기준을 따라 도출하였으며, 이는 식 1과 같다.

$$P = nC_L + 1.15nC_L + 0.3nC_L + C_D + C_C \quad \dots\text{식 1}$$

- 여기서, P : 교량점검 용역 비용
- n : 투입인원 수
- C<sub>L</sub> : 인건비
- C<sub>D</sub> : 교량점검 작업에 따른 직접비
- C<sub>C</sub> : 교량 점검 작업에 따른 선택비

수식 1에서 1.15 및 0.3는 각각 제경비 및 기술료 산정에 따른 중간 값을 사용하였다. 수식 1과 비교하기 위한 교량 시설물 자동화에 따른 비용모델은 식 2와 같다.

$$P' = C_I + C_M + n'C_L + C_D' + C_C \quad \dots\text{식 2}$$

- 여기서, P' : 자동화 도입에 따른 교량점검 비용
- n' : 자동화 장비 운영 인원 수
- C<sub>I</sub> : 자동화 장비 개발을 위한 초기투자비용
- C<sub>M</sub> : 자동화 장비 유지관리 비용
- C<sub>D</sub>' : 교량점검 작업에 따른 직접비
- C<sub>C</sub> : 교량 점검 작업에 따른 선택비

교량시설물 점검작업 자동화를 도입하는데 있어 기본적

으로 H/W 및 S/W 등의 개발을 위한 초기투자 비용이 요구되며, 장비의 운영비, 유지관리 비용을 고려해야 한다. 또한 자동화 도입에 따른 인원의 감소가 예상되나 기본적인 운영에 요구되는 인력을 고려하여 인건비를 고려하며, 점검 작업 수행간 발생하는 장비 운영비용은 직접비 항목에 반영됨을 고려하여 추가적인 유지관리 비용만을 고려하였다. 또한 선택비용은 기존 용역비 산정 시와 같은 기준으로 반영하였다.

실제 비용 모델 산정에 있어 교량 점검에 따른 차량 운행 제한 개선에 대한 편익, 작업속도 개선에 대한 비용항목 등도 반영되어야 한다. 하지만, 교량점검 자동화 도입을 위한 장비가 개발단계로, 이에 대한 명확한 데이터 산출에 제한이 있어 본 연구에서는 이를 반영하지 않고 모델을 제안하였다. 또한 시간에 따른 비용가치 등에 대해서도 고려해야 하나 기존 용역비용 산정과 비교 가능한 항목만을 대상으로 하여 타당성 검토 모델을 제안하였다.

##### 4.2 타당성 검토

교량시설물 점검작업 자동화에 대한 타당성 검토를 위해서는 앞서 도출한 수식 1과 2를 비교할 때 수식 2가 수식 1보다 적은 비용으로 산정되어야 한다. 현재 개발하고자 하는 장비를 고려할 때 교량시설물 점검 작업 중 정기점검(외관조사) 작업을 대상으로 고려하며, 작업속도는 동일한 것으로 가정하였다. 타당성 검토를 위해 수식 1과 2를 이용하여 다음과 같이 정리할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 & P \geq P' \\
 & \rightarrow nC_L + 1.15nC_L + 0.3nC_L + C_D + C_C \\
 & \geq C_I + C_M + n'C_L + C_D' + C_C \\
 & \rightarrow nC_L + 1.15nC_L + 0.3nC_L + C_D \quad \dots\text{식 3} \\
 & \geq C_I + C_M + n'C_L + C_D' \\
 & \rightarrow (2.45n - n')C_L \geq C_I + C_M \\
 & \rightarrow 1.95nC_L \geq C_I + C_M
 \end{aligned}$$

수식 3에서 기존 작업과 자동화 도입후의 작업 간 추가 비용은 같은 것으로 고려하였으며, 직접비의 경우 기존 작업에서 굴절차를 활용하는 경우와 자동화 장비를 활용하는 경우에 큰 차이가 없는 것으로 가정하여 이를 고려하지 않았다. 투입 인원(n)은 자동화 장비를 적용할 경우 굴절차 조작자는 양쪽에 모두 고려되어야 하며, 기존 작업의 경우 점검자가 투입되고, 자동화의 경우 장비 조작자가 투입되며, 발생하는 정보에 대해 자동화의 경우 최소(1~2명) 인원만 있으면 되나 기존 작업은 데이터 입력 및 처리에 다수의 인원이 요구된다. 자동화 도입시 투입 인원을 최대 50%까지 절감할 수 있다고 가정할 때 기본적으로 교량점검 작업에 투입되는 인원을 변수로 하여 인건비 및 자동화 장비 개발비용 및 유지관리 비용을 고려하여 경제적인 타당성을 검토할 수 있을 것으로 기대된다.

과의 경제적 차이를 더욱 명확히 밝히고자 한다.

## 5. 결론 및 향후연구 방향

본 연구는 교량시설물 유지관리를 위한 점검작업에 자동화 장비를 도입하기 위한 경제적 타당성을 검토하기 위한 연구로 타당성 검토를 위한 모델을 제시하고 이를 바탕으로 경제성을 검토하고자 하였다.

하지만 연구를 수행하는데 있어 기존 교량점검 작업에 대한 데이터의 부족과 향후 개발하고자 하는 장비에 대한 개발 목표가 아직 명확하지 않아 실제적인 경제적 비교 및 작업시간을 고려한 비용요인을 고려하지 못하였다.

기존 교량시설물 점검에 따른 투입 인원 및 비용에 대한 데이터를 보완하고, 개발하고자 하는 장비에 대한 개발목표를 더욱 명확히 하여 구체적인 비용을 바탕으로 자동화 장비에 대한 개발비용 및 유지관리 비용에 대한 한계와 함께 소요 인원에 대한 한계 인원을 도출하여 구체적인 개발계획을 수립하고자 한다. 또한 다양한 변수의 설정과 점검작업 자동화에 따라 예상되는 생산성을 바탕으로 기존 작업

## 참고문헌

1. 건설교통부, 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 지침, 2006
2. 건설교통부 안전점검 및 정밀안전진단 대가(비용산정) 기준, 2003
3. 김근태 외, 홈관 매설작업의 자동화 장비도입에 대한 타당성 분석, 대한건축학회, 대한건축학회논문집 19권 5호, 2003. 5
4. 시설안전기술공단, LCC 개념을 도입한 시설안전관리체계 선진화 방안 연구보고서, 2001
5. 이병주 외, 무인 교량점검 로봇시스템 개발, 도로교통기술원 22회 연구성과 발표회, 한국도로공사, pp. 69-72, 2006
6. 한양대학교 외, 교량 유지관리 자동화를 위한 첨단 로봇시스템 개발(BIRDI)제안서, 건설기술평가원, 2006

---

## Abstract

Bridges are an integral part of Transportation that is always open to traffic. To effectively manage bridges today, more needs to be done to assess the day-to-day condition and behavior of bridges, and the deterioration rates of their components, so that efficient and proactive measures can be taken. Conventional methods consumemore time and they lack flexibility to reach all locations in high convoluted structures which most bridges offer. Instead, this work uses a new concept of robot, termed as Bridge inspecting robot, which, as its name suggests, possesses superior ability to flex, reach, and approach all points on the bridge. This study also provides economical feasibility model for the same and a comparison with existing bridge inspection and automated inspection work. Finally, we have uncovered few issues and did not analyze some information because of limitation to data.

**Keywords :** Bridge, Maintenance, Inspection work, Automation, Economical efficiency, Feasibility Study

---