

특집기사

고속도로 유지관리를 위한 교량점검시설 설치 필요성 및 확충방안

Necessity and Plans for Additional Erection of Inspection Equipment in Expressway Bridges



문 명 국¹⁾

Moon, Myung kuk



이 춘 혁²⁾

Lee, Choon Hyuk



허 재 훈³⁾

Hur, Jae Hoon



최 연 태^{4)*}

Choi, Yeon Tae

1. 서론

1.1 교량점검시설이란?

교량점검시설은 교량의 각 부위에 기능상태, 노후 및 결함 등의 확인점검과 유지보수 등 교량관리 효율의 향상을 도모하는 것을 목적으로 하는 교량의 부대시설로서 주변의 지형 또는 공간적 여건 등으로 인하여 별도의 장비 없이 접근이 어려운 주요 교량부재로의 접근을 용이하게 한다.

본 고에서는 교량점검시설과 이동식점검장비 등의 점검 효율성 및 경제성을 비교·분석하여 고속도로상 교량 점검시설 설치 필요성 및 설치방안을 소개하고자 한다.

1.2 고속도로 교량점검시설 설치현황

현재 고속도로 교량은 총 8,453개이며 전체 부재(교대, 교각)는 총 37,758개소이다. 그 중 장비를 활용한 점검이 가능한 부재는 총 12,502개소이며 도보, 사다리 점검이 가능한 부재는 총 9,746개소로서 전체 부재인 22,248개소 중 58.9%가 점검시설 없이 점검이 가능하다.

교량점검시설이 필요한 고속도로 교량의 부재는 총 15,510개소이며 이중 2,220개소가 설치되지 않았는데 이는 교량점검시설이 필요한 전체 부재의 14.3%에 해당하는 것이다.

Table 1 고속도로 교량 점검시설 설치 현황(2014년)

접근 방법	계	교량점검시설			장비용				도보, 사다리	
		소 계	고정식 설 치	이동식 미설치	소 계	교량 점검차	고소 작업차	폴 카메라		
교대, 교각수	37,758	15,510 (100%)	13,142 (84.7%)	2,220 (14.3%)	148 (1.0%)	12,502	3,474	3,561	5,467	9,746

* 도보, 사다리 점검 : 앞성토부나 낮은 형하고 등

2. 교량점검시설 설치기준

2.1 한국도로공사의 교량점검 설치기준 변경 이력

한국도로공사는 교량점검시설의 설치가 누락되는 것을 사전에 방지하기 위하여 1996년 1월에 교량 점검시설 설치 기준을 최초로 수립하였으며 2009년 11월까지 총 6차례에 걸쳐 기준을 보완하였다. 주요 기준 변경 내용을 살펴보면 1996년 기준의 경우 교고 5m 이상인 경우에는 모두 설치하도록 하였으나 1997년 기준에서는 설치예산 등을 고려하여 기준 교고를 7m로 상향조정하였으며, 신축이 음장치가 있는 교각은 잣은 하자 발생 때문에 교고에 제한 없이 설치하도록 하였다. 2003년 기준에서는 이동식점검

1) 한국도로공사 구조물처장
 2) 한국도로공사 구조물안전팀장
 3) 한국도로공사 구조물점검자장
 4) 한국도로공사 구조물기술과장
 * E-mail : hangukin@ex.co.kr

장비에 의한 점검이 불가능한 교량에만 설치하는 것으로 설치기준을 제한하였고, 교통혼잡 초래 및 시설한계 침범에 대한 설치기준을 마련하였다. 2008년 기준에서는 교고 기준을 6.5m로 변경, 보완하였다.

각각의 기준에 대한 주요 내용은 Table 2와 같다.

Table 2 한국도로공사의 교량 점검시설 설치 기준 변경 이력

구분	주요 내용
1996.01	<ul style="list-style-type: none"> 교고 5m 이상인 경우에는 매 교각마다 설치 교고 5m 미만인 경우에는 필요시 설치(접근콘란)
1997.06	<ul style="list-style-type: none"> 설치 교고 기준 변경(5m 이상→7m 이상) 신축이음장치가 있는 교각은 교고에 제한없이 설치
2003.06	<ul style="list-style-type: none"> 이동식 접근장비에 의한 점검이 불가능한 교량에 설치 <ul style="list-style-type: none"> 이동식 접근장비 점검가능 제한 교량점검차(폭원 25m), 빔리프터(높이 18m), 사다리(높이 5m) 이동식 접근장비 이용시 교통혼잡 등이 예상되는 교량 하부도로나 철도의 시설한계를 침범하여 교통소통 및 안전에 지장을 초래할 것으로 예상되는 교량
2007.04	<ul style="list-style-type: none"> “교통혼잡”에 대한 세부 기준 추가 교량점검차 점검가능 폭원 변경(25m→20m) 빔리프터 점검가능 높이 변경(18m→15m) 터널입출구 및 상습안개지역등 안전사고 우려구간 추가
2008.08	<ul style="list-style-type: none"> 교고 6.5m 이상인 교량은 상부에서 점검 콘란시 설치 교고 6.5m 이하인 교량은 상부 및 하부에서 점검 콘란시 설치
2009.12	<ul style="list-style-type: none"> 직벽형 교대 점검통로 양측 설치(기존 한측만 설치) 교각점검통로 설치면 확대

1996~2003년 기준의 경우 건설비를 절감하기 위하여 교량 점검시설 설치를 최소화하는 방향이었으나 2007~2009년에는 교통혼잡 발생 및 안전사고 우려 구간 등 유지관리 현장 여건을 반영하여 교량점검시설 설치를 확대하는 추세임을 알 수 있다.

2.2 한국도로공사 교량점검시설 설치기준

현재 시행되고 있는 한국도로공사의 교량점검시설 설치 기준을 살펴보면 첫 번째로, 이동식점검장비를 활용하여 점검이 불가능한 경우이다. 이는 특수교량인 경우와 하부시설의 시설한계를 침범하는 경우 및 교량점검차의 제원을 초과하는 교량인 경우를 말한다. 두 번째는 교량점검차 이용시 교통 서비스 수준이 E등급 이하로 저하하는 경우로서 심각한 교통정체를 유발하여 많은 민원과 사회 간접자본 손실을 초래하기 때문이다. 세 번째는 교량점검차 이용시 안전사고가 우려되는 경우인데 강풍과 안개같은 자연조건과 가감속차로 및 터널 출구부 근접 구간 등 도로여건을 감안하였다. 네 번째는 신축이음장치가 설치된 구간 및 교량점검시설이 기설치 교량의 확장시 등 유지관리 효율성을

고려한 경우이다. 그리고 마지막으로 위와같은 조건일지라도 교량점검시설 설치시 하부도로(또는 철도)의 시설한계를 초과하는 경우에는 설치하지 않도록 하였다.

Table 3 현행 한국도로공사의 교량점검시설 설치 기준

구분	한국도로공사(2009.12)
설치 기준	<ul style="list-style-type: none"> 상·하부 이동식 점검이 곤란한 특수교량 <ul style="list-style-type: none"> 현수교, 사장교, 아치교, 트러스교 등 교량점검차 이용시 하부시설(도로, 철도 등) 시설한계 침범시 교량점검차 제원을 초과하는 교량 <ul style="list-style-type: none"> 상부시설(가로등, 방음벽 등)을 교면에서 높이 2.0m 이상 설치시 교량 폭원이 일방향 기준 20m 이상시 종단구배가 3% 이상시 교량점검차 이용시 교통 서비스 수준이 E등급 이하로 저하시(교고 6.5m 이상시) 교량점검차 사용시 안전사고 우려 구간 <ul style="list-style-type: none"> 강풍지역 : 15m/s이상 일년에 6회이상 빈도 발생 안개잡은지역 : 30일/년 이상 발생 IC, JCT, 휴게소 등의 가감속차로 교량 터널 출구부와 근접한(800m이내) 교량 구조물 유지관리상 효율적인 경우 <ul style="list-style-type: none"> 신축이음 있는 교대, 교각 교량점검시설 설치된 기존교량을 확장시
설치 예외 기준	<ul style="list-style-type: none"> 교량점검시설 설치시 하부도로(또는 철도)의 시설 한계 초과시

3. 현실태 및 문제점

3.1 교량점검시설 설치 예산 확보의 어려움

교량점검시설은 본구조물이 아니라는 이유로 예산배정시 후순위로 배정됨에 따라 예산확보가 어려운 실정이다. 이는 설계, 건설, 유지관리의 모든 과정에서 공통적인 문제점이다. 먼저 신설노선의 설계시 총사업비가 기획재정부에 요청한 최초 총사업비보다 증가되는 경우 총사업비 승인을 받기 위하여 본구조물이 아닌 교량점검시설을 삭제하는 경우가 많다.

건설시에는 누락된 교량점검시설을 설계에 반영시키기 위해서 총사업비 증액 승인을 받아야 하나 국토교통부나 기획재정부 승인을 받기가 어려워 설계대로 시공하고 마는 경우가 대부분이다.

마지막으로 유지관리시 역시 교면재포장, 신축이음장치 교체 등 고속도로 이용자와 직접적인 연관이 있는 사업 위주로 예산이 우선적으로 배정되기 때문에 교량점검시설 설치사업은 매년 후순위로 밀려 예산 배정이 거의 되지 않고 있는 실정이다. Table 4는 최근 3년간 유지관리시 반영된 교량점검시설 설치 예산 현황이다.

Table 4 고속도로 유지관리시 교량점검시설 설치 예산

구 분	2011년	2012년	2013년
요청예산(억원)	11.3	34.2	35.6
반영예산(억원)	8.6	33.4	0
예산반영율(%)	76	98	0

3.2 초기비용 과다에 따른 설치 지양(국토교통부 지침)

교량점검시설은 초기 설치예산이 많이 소요되기 때문에 가급적 이동식점검장비로 대체하고 설치를 지양하는 추세이다. 현행 국토교통부의 교량점검시설 설치지침(2013.5)은 교량점검시설 설치 의사결정 흐름도를 마련하여 객관적 기준 없이 교량점검시설을 설치하여 발생할 수 있는 예산 낭비를 사전에 방지하려고 하고 있다. 아래의 국토교통부의 교량점검시설 설치 의사결정 흐름도를 살펴보면 판단 기준을 여러차례 통과해야만 교량점검시설 설치가 가능하도록 하여 가급적이면 설치를 최소화하도록 유도하고 있다.

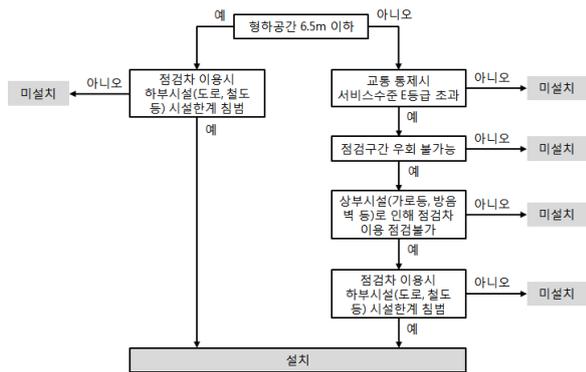


Fig. 1 국토교통부 교량점검통로 설치 의사결정 흐름도(2차로 초과)

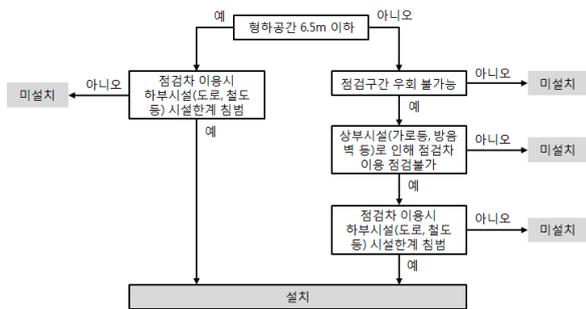


Fig. 2 국토교통부 교량점검통로 설치 의사결정 흐름도(2차로 이하)

4. 교량점검시설 설치 필요성

현재 교량 점검을 위한 접근 방법은 크게 교량점검시설,

교량점검차, 고소작업차, 도보, 사다리 등으로 나눌 수 있다.



Fig. 3 교량점검을 위한 주요 접근방법

그 중에서 교량점검시설은 타방법 대비 점검소요시간, 소요 인원·장비, 생애주기비용(LCC), 안전성, 교통 서비스 수준에서 우수한 것으로 분석되었다. 세부적인 분석내용은 다음과 같다.

4.1 이동식점검장비 대비 점검소요 시간, 인원, 장비의 효율성

먼저 교량점검시설과 대표적 이동식점검장비인 교량점검차의 점검소요시간, 소요인원 및 소요장비를 비교하면 점검소요 시간은 각각 15.5분과 70분으로 교량점검차가 4.5배 더 많이 소요되었다. 1일 점검 가능 개소도 각각 27기, 11기로 교량점검시설이 약 2.5배 많은 점검이 가능하였으며 소요인원의 경우에는 각각 1명, 7.5명으로 교량점검차가 7.5배 더 많이 필요하였다. 또한 교량점검시설은 별도의 추가장비가 필요없는 반면에 교량점검차는 점검차와 싸인카 등 평균 2.5대의 장비가 필요하는 등 모든 항목에서 교량점검시설이 교량점검차 대비 효율적임을 알 수 있다. 접근 방법별 세부적인 효율성을 분석한 결과는 Table 5와 같다.

Table 5 접근방법별 점검 효율성 비교 분석

구 분	교량점검시설	교량점검차	고소작업차	사다리	비 고
소요시간(분)	15.5	70	31	24	
1일 점검 가능 기 (교대, 교각)	27	11	13	17	이동시간 제외
소 요 인 원 (인)	1	7.5	3	2	
	점검자	점검자 장비조정원 신호수	점검자 장비조정원 신호수	점검자 보조자	
투 입 장 비 (대)	-	2.5	1	-	
	-	점검차 싸인카	고소작업차	-	

* 2011. 9. 중부선 선원2교 등 8개소 대상으로 조사

현재 한국도로공사의 구조물 점검인원은 174명으로서 교량수 대비 점검자 1인당 48.5개 교량을 관리하고 있으며(터널 및 암거 포함시 1인당 112개소) 이는 서울시(1인당 3.9개소) 대비 12배가 넘는 수준으로 타기관 대비 인력 및 점검시간이 매우 부족하다. 이러한 여건을 고려할때 교량점검시설을 활용한 점검방법은 다른 점검방식보다 더욱 효과적이라고 판단된다.

Table 6 타기관과 구조물 관리여건 비교

구분	미국 미네소타주	서울시	한국도로공사
교량수(개소)	13,056	573	8,453
교대, 교각수(기)	약 50,000	5,688	37,758
인원(명)	683	120	174
교량수/인	19.1	3.9	48.5
교대,교각수/인	73.2	47.4	217

4.2 점검 생애주기투입비용(LCC)을 고려한 경제적 우수성

교량점검시설과 교량점검차의 경제성 검토를 위하여 점검에 따른 생애주기투입비용(LCC)을 분석하였다. 분석조건은 연장 252m, 폭2차로 6경간 교량을 대상으로 50년을 공용하는 것으로 가정하였고 보수·보강주기는 고속도로 LCC분석 매뉴얼에 의거하였다. 이에 따른 교량점검시설의 점검 생애주기투입비용은 93백만원으로 초기설치비에 73백원이 투입되었으나 보수·보강시 별도의 비계 설치·해체 비용 및 사용자 비용(추가 운행비용+시간지체비용)이 불필요한 것으로 분석되었다. 교량점검차의 경우 초기설치비는 필요 없었으나 비계 설치·해체 비용이 21백만원, 사용자 비용이 45백만원 지출되었으며 점검장비사용비용이 72백만원 소요되어 전체 118백만원이 투입되었다. 다시말해 교량점검시설이 초기투입비용은 많으나 장기적으로 교량점검차를 활용한 점검 대비 경제성이 약 26% 향상됨을 알 수 있다.

Table 7 교량점검시설, 교량점검차의 생애주기비용(LCC)

비교 대상	교량점검시설	교량점검차
투입비용 (현재가치)	93백만원 · 점검시설 설치 : 73 · 점검시설 보수 : 20	118백만원 · 비계 설치·해체 : 21 · 사용자비용 : 45 · 점검장비사용비용 : 52
분석	교량점검시설이 초기투입비용은 많으나 장기적으로 경제성이 뛰어남	

Table 8 생애주기비용(LCC) 분석을 위한 검토조건

검토조건	대상교량
	<ul style="list-style-type: none"> - 연장/차로수/교교 : 252m/2차로/19m - 경간수 / 경간장 : 6 (교대2, 교각5) / 42m - 검토 기간 : 50년 - 보수·보강 주기 : 고속도로 LCC분석 매뉴얼(2004)
	<ul style="list-style-type: none"> - 교량반침 <ul style="list-style-type: none"> · 보수 : 최초 8년, 보수주기 8년 · 교체 : 최초 22년, 교체주기 22년 - 교대·교각 <ul style="list-style-type: none"> · 보수 : 최초 12년, 보수주기 8년 · 보강 : 최초 23년, 보강주기 20년 - 사용자 비용 : 추가 운행비용+시간지체비용

이와 같이 교량점검시설은 점검 시간, 인원, 장비의 사용 시간 등에 유리하며 점검에 따른 생애주기투입비용을 고려하더라도 경제성이 이동식점검장비보다 뛰어나고 안전사고 및 지정체 발생을 사전에 방지 등 여러방면에서 타점검방법보다 유리한 것으로 분석되었다.

4.3 점검시 안전사고·불안감 예방 및 교통 지정체 발생 방지

이동식점검장비를 사용시에는 점검자 및 장비의 추락, 전도 등의 안전사고가 발생할 가능성이 높으며 부가적으로 이러한 사고 우려에 따른 심리적 불안감 때문에 담당자가 점검업무를 기피할 수 있다. 또한 교통 차단에 따른 지정체 발생으로 이용객들의 불만뿐 아니라 사회 간접자본 손실 등을 유발할 수 있으나 교량점검시설의 경우에는 안전사고 및 지정체 발생을 사전에 방지하는 등 여러방면에서 타점검방법보다 유리하기 때문에 교량점검시설 설치를 확충하는 것이 필요하다.

Table 9 이동식점검장비의 문제점

구분	이동식 사다리에 의한 점검	고소작업차를 이용한 점검
점검현경		
문제점	<ul style="list-style-type: none"> - 추락위험 - 외관망도 작성 등 점검 활동 곤란 	<ul style="list-style-type: none"> - 탑승자 추락위험 상존 - 장비 전도 우려

5. 교량점검시설 설치를 위한 대책

5.1 건설시 적극적인 교량점검시설 설치 유도

교량점검시설 확충을 위하여 건설시부터 적극적인 설치

유도가 필요하다. 이를 위하여 한국도로공사는 착공시부터 준공전 사전점검시까지 유지관리부서(지역본부, 지사) 및 건설사업단이 합동으로 총 3차에 걸쳐 교량점검시설의 반영여부를 확인하도록 하였다. 1차는 착공 후 1년 이내에 설계도서에 미반영된 교량점검시설 현황을 파악하고 설계 반영을 요청한다. 2차는 준공 2년전 설계도서 및 현장조사를 통하여 1차 검토시 요청한 내역의 반영여부를 확인하고 필요시 추가 설치를 요청한다. 마지막으로 3차는 준공전 사전점검시에 설계도서 및 현장조사를 통하여 최종적으로 반영여부를 확인하는 과정이다.

Table 10 건설공사중 교량점검시설 설치 반영 여부 확인을 위한 확인 절차

1 차 (착공 후 1년내)	2 차 (준공 2년전)	3 차 (준공전 사전점검시)
- 방법 : 설계도서 이용 - 검토내용 · 설계반영된 점검시설 현황 파악 및 추가설치 필요 · 개소 검토, 설계반영 요청 (지역본부→건설사업단)	- 방법 : 설계도서, 현장조사 - 검토내용 · 1차 요청개소 설계반영 여부 확인 및 현장조사 · 필요시 추가 설치요청 (지역본부→건설사업단)	- 방법 : 설계도서, 현장조사 - 확인내용 · 최종 현장조사

5.2 교량점검시설 설치 시급성을 고려한 우선순위 선정(안)

고속도로 교량 유지관리 여건에 따른 교량점검시설의 설치 시급성을 고려하여 아래와 같은 방법으로 우선순위를 선정하고 있다.

5.2.1 설치 시급성 우선순위

이동식점검시설을 이용한 접근이 불가능한 여건을 최우선으로 상·하부 접근이 곤란한 여건, 유지관리상 효율적인 순으로 우선순위를 선정하였다. 또한 상부조건이 동일할시에는 형하공간 6.5m 이상인 경우를 우선적으로 설치하도록 고려하였다.

Table 11 설치 시급성 우선순위표

구 분	1순위	2순위	3순위	4순위	5순위	비 고
점 검 여 건	접 근 불 가	상·하부 접근 곤란		유지관리상 효율적		각 순위그룹내 각 교량조건에 따라 세부순위 조정 가능
		형하 공간		형하 공간		
		6.5m 이상	6.5m 미만	6.5m 이상	6.5m 미만	

5.2.2 동일순위 그룹내 교량조건에 따른 순위 산정

동일한 순위그룹내에서 세부순위를 조정하기 위하여 평가항목으로 공용년수, 차로수, 점검조건을 선정하였으며 중요도를 고려하여 각각 40, 20, 40점으로 가중치를 산정하였다.

Table 12 동일순위그룹내 우선순위 산정을 위한 평가항목 및 가중치

구 분	계	공용년수(y)	차로수(n)	점검조건
배 점	100	40	20	40

평가항목별로 아래 계산식으로 점수를 산정한 후에 각 항목의 점수를 합산하여 가장 점수가 높은 교량 순서대로 우선순위를 결정하게 된다.

$$\begin{aligned} \text{· 공용년수}(y) : y (\text{점수}) &= \left| \frac{(y) \text{ min} - (y) (\text{대상구간})}{(y) \text{ min} - (y) \text{ max}} \right| \times 40 \\ \text{· 차로수}(n) : n (\text{점수}) &= \left| \frac{(n) \text{ min} - (n) (\text{대상구간})}{(n) \text{ min} - (n) \text{ max}} \right| \times 20 \end{aligned}$$

Table 13 점검조건에 따른 가중치 배점표

구 분	배 점	내 용
계	40	
신축이음 유무	12	신축이음이 있는 경우
강풍지역	9	위험도A : 9점, 위험도B : 6점, 위험도C : 3점
안개잡은 지역	9	안개일수(년) 100일 이상 : 9점, 50일 이상 100일 미만 : 6점, 30일 이상 50일 미만 : 3점
가·감속 차로 유무	5	가·감속차로에 교량이 위치하는 경우
터널 인접성	5	터널 출구로부터 800m 이내 교량이 위치하는 경우

* 강풍지역 위험도 A구간 : 30m/s, 6회/년 이상,
B구간 : 30m/s, 1~5회/년,
C구간 : 16~30m/s

6. 결 론

교량점검시설은 본 구조물이 아니라는 인식으로 인하여 설계부터 유지관리 과정에 걸쳐 예산확보에 어려움이 많은 실정이다. 또한 높은 초기투자비용으로 인하여 점점 설치가 지양되는 추세이다. 하지만 교량점검시설은 점검을 위한 타접근방법과 대비하여 점검 소요시간, 소요인원, 투입 장비 등에서 효율적이며 점검중 안전사고를 미연에 예방할 수 있으며 점검 생애주기투입비용을 감안했을 때에는 이동

식점검시설에 비하여 경제적인 것으로 분석 되었다. 특히 한국도로공사의 경우 부족한 점검인력을 대체하기 위한 좋은 대안으로 판단된다.

담당 편집위원: 이병주
(한국도로공사, 도로교통연구원 책임연구원)
vante@ex.co.kr