

# 국내 교량 계측시스템 현황 파악 및 문제점 분석

## The state of the art on bridge monitoring system in Korea

박기태\* · 이우상\*\* · 주봉철\*\*\* · 황윤국\*\*\*\*

Park, Ki-Tae · Lee, Woosang · Joo, Bong-chul · Hwang, Yoon-Koog

### Abstract

The long term bridge monitoring system in Korea was installed in 1995 at first, and many bridges has been maintained by long term monitoring system. Recently, reliability of data and cost effectiveness has been increased by advanced sensor technology, measuring equipment. However, considering several reference and data on bridge monitoring systems in Korea, various problems of bridge monitoring systems can be found. Therefore, in this study, the state of the art on bridge monitoring systems in Korea were investigated and various problems and solutions for these problems were suggested.

**key words** : bridge, monitoring system, data reliability

## 1. 서 론

국내 교량 장기계측시스템은 1995년에 처음 설치된 이후 많은 교량에 적용된 바 있다. 최근에는 센서 기술과 계측장비의 발전으로 인하여 교량 장기계측시스템 구축에 있어서 경제적이고 시스템 신뢰성이 많이 향상되고 있다. 현재의 교량 장기계측시스템은 센서로부터 데이터로거로 신호를 전송하고, 데이터로거에서 광통신망이나 무선통신망을 활용하여 관리사무소의 컴퓨터로 계측 결과를 전송하는 방식으로 시스템이 구축되었다. 그러나, 자료조사를 통한 국내 계측시스템 운영현황을 분석할 때, 여러가지 문제점이 내포되어 있는 것을 알 수 있었다. 따라서 본 연구에서는 국내 교량 계측시스템의 현황을 파악하고, 다양한 문제점 및 해결방안을 검토하고자 하였다.

## 2. 계측시스템 운영 현황 분석

표 1은 도로교통기술원 구조물관리연구센터(2003. 12) 교량계측시스템 운영실태 조사 및 관리방안 검토』 보고서를 바탕으로 고속국도 상에 위치한 장기계측시스템이 설치된 교량의 운영 실태중 일부를 나타낸 것이다.

교량의 계측시스템에 설치된 센서로부터 수집된 응답이 구조물의 거동과 유사하다고 판단하기 어려운 특성을 보이거나 응답 자체가 수집되지 않은 센서수는 전체 센서수의 약 31~66%이고, 평균 49%인 것으로 조사되었다. 여기에는 센서에서 응답이 나오지 않는 경우도 있으며, 센서, 케이블 또는 데이터 수집장치 자체의 문제로 인하여 응답이 불규칙하게 나오는 경우도 있다. 응답이 구조물의 거동을 표현하고 있는 것으로 판단되는 센서들의 응답도 그 값이 실구조물의 거동특성을 정확하게 나타내고 있는지에 대해서는 검증이 어려우며, 일부 교량의 계측시스템에서는 데이터 처리결과가 어떤 의미를 가지는지 불명확하게 표현되는 경우가 많다.

\* 정회원 · 한국건설기술연구원 복합구조연구실 · 선임연구원 · E-mail : ktpark@kict.re.kr  
\*\* 한국건설기술연구원 복합구조연구실 · 박사후과정  
\*\*\* 한국건설기술연구원 복합구조연구실 · 연구원  
\*\*\*\* 한국건설기술연구원 복합구조연구실 · 책임연구원

표 1. 계측시스템 고장 현황 예

교량명	미가동기간	미가동원인
A교	2000. 5. ~ 2002. 4.	MUX 및 계측센서(6종류) 고장
	2003. 4. ~ 2003. 6.	원주지사로 데이터 전송 안됨
	2003. 8. ~ 2003. 9.	원주지사로 데이터 전송 안됨
B교	2001. 8. 31 ~ 2003. 1. 3	하드오류 및 자료프로그램 미가동
	2003. 1. 11 ~ 2003. 4. 21	하드오류 및 자료프로그램 미가동
	2003. 4. 28 ~ 2003. 6. 11	프로그램 오류발생
	2003. 8. 29 ~ 2003. 9. 8	프로그램 오류발생
C교	2002. 8. 7 ~ 2002. 9. 21	광통신 이상에 의한 데이터 미획득
	2002. 9. 25 ~ 2003. 1. 10	수해로 인한 광통신 단절
	2003. 5. 15 ~ 2003. 8. 20	광통신 이상에 의한 데이터 미획득
D교	2002. 10. 26 ~ 2002. 11. 8	데이터 미획득
	2001. 3. 26 ~ 2003. 7. 3	계측 시스템 고장
	2003. 8. 30. ~ 현재	계측기 고장

3. 교량시설물 관련 주요 안전관리시스템 현황 파악

3.1 주요 안전관리시스템

현재 우리나라에서 활용되고 있는 주요 안전관리시스템으로는 일반국도 시설물 유지관리시스템(KOROMBUS)이 있다. 건설교통부 본부, 각 지방청 및 국도유지건설사무소에서 운용되고 있고, 한국건설기술연구원에서 1995년 이후부터 관리하고 있다(1995~2002: 독자적 교량관리시스템 관리, ~ 2004: 도로통합관리시스템 내에서 관리, ~현재: 시설물유지관리시스템 내에서 교량관리시스템 관리)(건설교통부, 2006a).

한국도로공사의 경우, 한국고속국도 교량 유지관리 시스템(HBMS)을 운영하고 있다. 1999년에 고속국도 교량관리시스템이 완성되고, 2000년~2004년까지 약 4년간 고속국도 교량 관련 데이터베이스를 구축하였으며, 2005년에 인터넷 기반으로 한 고속국도 교량관리시스템으로 개선되었다. 고속국도 교량관리시스템은 고속국도상 교량의 유지관리를 목적으로 운용되고 있으며, 기본제원 모듈, 점검모듈, 보고서 작성 모듈, 예산 편성 모듈, 의사결정 모듈, 보수 및 보강 모듈 등으로 구성되어 있다(한국도로교통기술원, 2007)

고속국도 교량관리시스템은 교량의 안전성 평가를 위한 모니터링 측면보다는 교량의 유지관리를 위한 데이터베이스 구축 및 분석에 중점을 두고 있는 바, 향후 고속국도 교량에 대한 안전관리 네트워크 구축시(건설교통부, 2006b) 필요한 데이터베이스 연계를 통하여 효율적인 활용이 가능할 것으로 사료된다.

행정자치부(소방방재청)에서 관리하는 국가재난관리시스템(NDMS)의 경우, 현장중심의 재난 관리체계 구축, 재난관리 역량의 전문성 강화, 국민이 참여하는 쌍방향 채널구현, 유기적인 정보공유 네트워크 구축, 막힘 없는 정보 인프라 구현 등을 목표로 2005년부터 구축되어 온 시스템이며, 2010년 이전에 최종 완성을 목

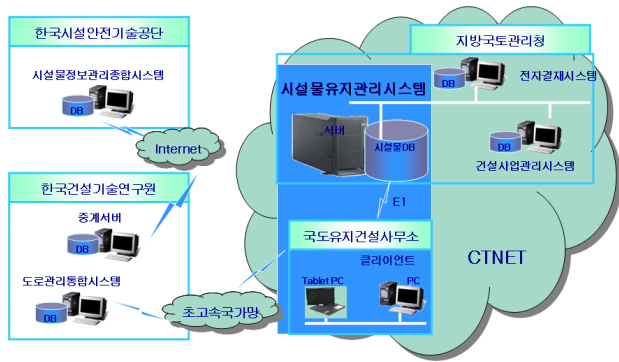


그림 1 시설물 유지관리시스템 개념도

그림 2 고속국도 교량관리시스템 우선순위 선정 예

표로 하고 있다. 본 시스템은 시설물 유지관리 또는 거동 모니터링 측면보다는 재난이 발생하였을 경우의 신속한 사후 대책에 중점을 두고 있다. 재난관리시스템은 시설물 유지관리시스템 또는 고속국도 교량유지관리시스템과 같은 시설물 유지관리 개념의 시스템이라기 보다는 재해가 발생하였을 때 신속하게 대처하는 방안을 연구하고, 이러한 대처 방안에 대하여 통합적으로 관리할 수 있는 국가 기관을 설립하는 것이 주요 목적이라고 판단된다. 따라서 안전관리 네트워크 구축이 완료되면, 국가재난관리시스템과의 연계를 통하여 구축된 데이터를 효과적으로 활용함으로써 국가주요기반시설물의 안전관리에 시너지 효과를 발휘할 수 있을 것으로 기대된다(국가안전관리 2단계 BPR/ISP 사업 완료보고회 발표 자료 인용).



그림 3 사전 예측기반을 통한 예방·대비 역량 강화 개념도

### 3.2 네트워크 구축방식 및 기존 안전관리시스템의 문제점

앞에서 언급한 여러 가지 유형의 교량 안전관리시스템은 데이터베이스 기반 교량관리시스템으로써, 인터넷 망을 이용한 네트워크 구축(국가초고속망 이용), 기관별 인터넷 환경 구축, 도로관리정보와 GIS의 네트워크 연계 등의 특징을 갖고 있다.

교량 계측 기반 모니터링 시스템의 경우 계측시스템 설치 교량에서만 독립적으로 운영(해당 교량의 관리사무소와 연계)되고 있는 상태이다. 따라서 기존 안전관리시스템의 문제점으로 제시될 수 있는 사항으로는 기존 교량관리시스템의 경우, 교량의 데이터베이스 구축을 통한 이력관리 측면에서는 매우 우수하나, 교량의 상시 안전성 판단을 위한 상시 거동 계측 데이터는 미포함되어 있으며, 국가재난관리시스템의 경우, 재정 문제나 전문 인력의 부족으로 활용도가 낮은 실정이다.

이 외에도 우리나라 교량관리시스템은 건설교통부, 한국도로공사, 행정자치부 등 관리주체별로 구축하여 별도 운영되고 있고, 서로 다른 체계로 시스템이 구축되어 시스템의 통합 자체가 어렵다는 문제점이 있다.

## 4. 효율적 개선방안

현재 개별적으로 운용되고 있는 교량 계측시스템을 교량별 관리주체 개념을 초월하여 통합함으로써 범국가적 교량 안전관리 네트워크 구축하고, 기존 센서의 단점을 보완할 수 있는 차세대 센싱 기술인 광섬유센서 및 GPS센서 등을 도입하여 안정적인 교량 거동 계측 도모하는 것이 필요하다.

현재 국내 교량에 시공되어 운영 중인 계측시스템의 실태조사와 여러 참고문헌으로부터 현 교량 장기계측시스템의 문제점과 개선 방안을 정리하면 다음과 같다.

### 1) 계측시스템 설치 목적 불분명

전반적으로 계측시스템의 설치 목적이 명확하게 정의되지 않은 상태로 시스템 구축이 이루어진 경우가 대부분이다. 계측시스템은 일반적인 구조물의 설계와 달리 전기, 전자, 통신, 기계 등의 분야가 통합되는 분야이기 때문에 설치 목적이 명확하지 않으면 계측기의 선정과 설치 위치의 선정이 어렵다. 또한, 계측 데이터의 활용에 있어서도 그 범위가 일반적인 추세관리나 경향분석으로 제한될 수밖에 없다. 기존의 계측시스템의 설계에서는 대부분 계측시스템의 목적이 불분명하여 계측시스템 자체의 상세 설계가 없으며, 개념적으로만 언급되어 있는 실정이다. 그러므로 효과적인 계측시스템 구축을 위해서는 교량 형식별 표준 계측시스템 설계 방안을 설정하여 교량의 중요도나 상태에 적합한 목적을 갖는 계측시스템 구축이 필요하다고 판단된다.

## 2) 계측시스템 활용을 위한 전문관리자 필요

계측시스템 운영에 있어서 교량을 장기간 효율적으로 관리하기 위해서는 교량의 상태나 공용년수에 따라 계측시스템 운용 방법이나 계측위치 등을 변경할 필요성이 있으며, 데이터의 분석을 통하여 관리기준치를 현실에 맞게 개선해야 한다. 이와 같은 계측시스템을 시간과 분석 결과에 따라 신속하게 개선하기 위해서는 계측시스템에 대한 전문적인 지식뿐만 아니라 교량 거동과 계측 데이터 분석에 어느 정도 이상의 전문적인 교육을 받은 전담 관리자가 필요하다고 판단된다. 따라서 계측사무소에는 센서 및 시스템 운용 및 유지관리를 위한 IT전문가와 교량의 안전성 분석 및 판단을 위한 토목전문가가 함께 근무하는 것이 필요하다.

## 3) 계측시스템 성능 향상 및 호환성 확보

계측시스템의 안정화로 인한 계측결과에 대한 신뢰도 향상이 필요하다. 기존의 계측시스템은 약 50% 이상에서 계측데이터의 결과를 획득할 수 없거나 이상 신호만을 획득하고 있다. 그러므로, 계측데이터에 신뢰성이 없고 연속적이지 못한 계측 항목은 과감히 배제하고, 단 하나의 계측항목을 측정하더라도 신뢰성이고 안정적인 계측항목으로 계측시스템을 구성할 필요가 있다. 또한 향후 통합적인 안전관리시스템 구축시 호환성을 확보할 수 있도록 표준화된 계측시스템의 구축이 필요할 것으로 판단된다.

## 4) 계측 데이터 활용을 위한 다양한 분석 기법 개발

현재 모든 교량 장기계측시스템을 이용한 교량 안전관리 방법은 계측데이터를 계측항목 별로 설정한 관리기준치와 단순 비교를 통한 추세관리나 장기간 데이터의 변화를 관리하는 경향관리에 국한된다. 계측시스템의 경제성을 고려한다면 계측 데이터를 다양하게 활용하기 위한 분석기법에 대한 연구가 필요하다. 현재 국내외에서 연구중에 있는 분석기법으로는 상시내하력 평가방법이나 스마트 손상 검출 알고리즘 등이 있다.

## 5) 객관적인 관리기준치의 미비

현재, 장기계측시스템이 설치된 교량 중에는 계측 데이터에 대한 관리기준이 없는 교량도 있는 실정이며, 동일 교량임에도 불구하고 관련자료에 따라 관리기준이 상이한 경우도 있다. 따라서 계측시스템의 활용성을 높이기 위해서는 객관적이고 표준화된 관리기준치 설정방안 마련이 시급하다.

# 5. 결 론

본 연구에서는 기발간된 자료를 토대로 국내 교량 계측시스템의 문제점을 분석하고, 그 해결방안에 대한 개략적인 검토 결과를 제시하였다. 교량 데이터베이스 구축과 관련된 교량안전관리시스템의 경우 현재 대체적으로 활용도가 높은 것으로 판단되며, 이에 대한 효율성을 극대화하기 위해서는 주요 교량 시설물의 거동에 대한 데이터 축적을 포함한 포괄적이고 통합적인 안전관리시스템이 필요하다. 모니터링 시스템의 경우, 앞에서 언급한 여러 가지 다양한 문제점에 대한 해결이 필수적이며, 이에 대해서는 지속적인 연구를 통해 보완해 나가야 할 것으로 사료된다.

## 감사의 글

본 연구는 건설교통부 건설기술혁신사업의 연구비 지원(과제번호: 06건설핵심B05)에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

1. 도로교통기술원 (2003), “교량계측시스템 운영 실태 조사 및 관리 방안 검토”
2. 건설교통부 (2006a), “한미도로협력회의 의제 발표-일반국도 교량관리시스템 운영 현황”
3. 건설교통부 (2006b), “국가주요시설물 안전관리 네트워크 시범구축 및 운영시스템 개발” 연구계획서
4. 건설교통부 (2007), “국가주요시설물 안전관리 네트워크 시범구축 및 운영시스템 개발” 1차년도 연차평가 보고서, 보고서 번호: 06건설핵심B05
5. 한국도로교통기술원 (2007), “한미도로협력회의 의제 발표-고속국도 교량관리시스템 운영 현황”