

철도교 상시계측시스템용 검교정기 제작 및 실험

On the Calibration of Health Monitoring System installed in the Railway Bridges

박준오*, 이준석*, 최일윤*

Park, Joon-Oh Lee, Jun S. Choi, Il-Yoon

Abstract

Calibration of the health monitoring system is considered in this study. For this, brief introduction on the realtime monitoring system, installed in some of the Korea Highspeed Railway bridges, is made and specifications of the calibrators are outlined.

Calibration method is next explained for each sensor and detailed procedures are illustrated. Calibration results will be published elsewhere and modification of the gauge factors will also be investigated in detail.

1. 서론

일정한 궤도를 따라 주행하며 대용량 운송수단인 철도의 경우, 구조물의 안전성 확보는 매우 중요한 과제이다. 특히 경부고속철도와 같이 300km/hr의 속도로 고속주행 하는 구조물의 설계·시공 및 유지관리는 보다 엄격하게 수행되어야 한다. 따라서 열차의 고속주행에 의해 구조물에 미치는 장기적 거동의 영향에 대한 자료확보와 설계검증은 고속철도 구조물의 안정성의 확인 및 유지관리에 있어 매우 중요하다.

현재 고속철도공단에서는 구조물의 장기적 거동특성을 파악하기 위하여 경부고속철도 시험선구간의 노반구조물에 여러 종류의 계측센서를 부착하여 이들 센서로부터 계측되는 데이터를 중앙통제실까지 실시간 전송하는 상시자동계측시스템을 설치·운영중에 있으며, 이러한 상시계측시스템은 계측데이터의 정확성을 확보하기 위하여 주기적인 검교정을 필요로 한다.

본 논문에서는 상시계측시스템의 주기적인 검교정을 위하여 한국고속철도건설공단과 한국철도기술연구원에서 공동으로 제작한 검교정장비의 사양 및 원리를 제시하고 이 장비를 이용한 센서류의 검교정 실험과정에 대하여 기술하였다.

* 한국철도기술연구원 철도토목연구팀, 정희원

2. 상시계측시스템

2.1 시험대상 교량 및 상시계측 항목

검교정(calibration)을 위한 대상교량구조물의 개략적인 현황은 표1과 같고, 상시계측 항목은 표2와 같으며, 이들 계측항목중 접근이 가능한 영구처짐, 순간처짐, 가속도, 경사 및 종변위에 대해서 검교정실험을 실시하였다.

표 1. 대상교량 현황

구분	내용	
교량명	철도교 1	철도교 2
구조형식	PSC Box	라멘, PSC Box
연장	1,915m	1,332.7m
가설공법	MSS, FSM	동바리, FSM
계측구간	P11~P13 (2@40m)	P4~P6 (3@25m)

표 2. 교량의 상시계측 항목

계측항목	목적
변형	주요부재의 응력 및 증립축 위치 파악
처짐	영구처짐 및 순간처짐 측정
진동	최대진동가속도 및 고유진동수 파악
경사	주형의 꺾임각 측정
종변위	받침 가동여부 파악
온도	교체 온도 측정
지진	지진의 규모 및 지속시간 파악
풍향풍속	풍향 및 풍속 측정

2.2 계측항목별 관리기준(안)

계측데이터를 이용한 교량의 성능평가를 위하여 대표구조물별 구조해석 결과, 설계도, 각종 관련시방서 및 설계기준(고속전철사업기획단, 1991), SYSTRA자료(SOFRRERAIL, 1994; SYSTRA, 1997) 등을 검토한 결과로부터 대표구조물의 계측항목별 관리기준(안)[1]이 설정되어 있다. 이러한 관리기준(안)은 계측시스템에 의한 대표구조물의 성능평가에 이용되고 그 결과에 따라 열차운행통계시스템에도 적용되어 열차의 운행안정성을 확보하는데 이용되며, 실제 계측데이터를 바탕으로 관리기준을 수정·보완하고 있다.

2.3 계측센서 위치 및 계측시스템 구성도

교량에 대한 계측센서의 위치는 그림 1에 나타낸바와 같으며, 각 계측자료는 현장계측실로부터 중앙계측실로 자동전송되는 시스템으로 구성되어 있다.

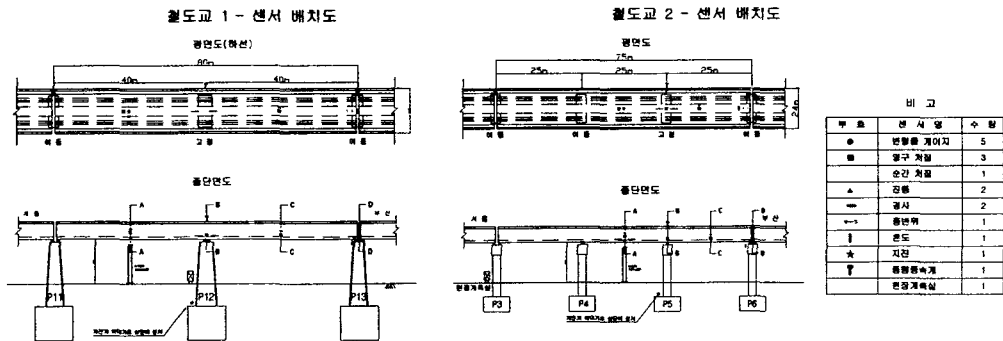
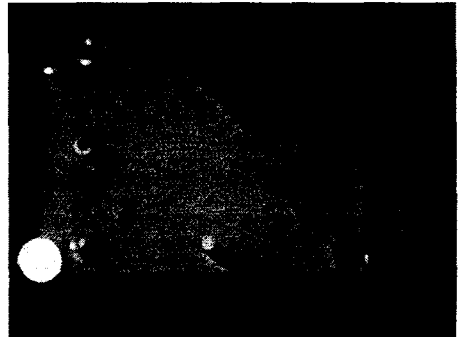
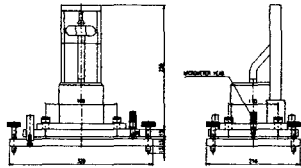
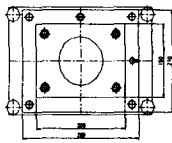


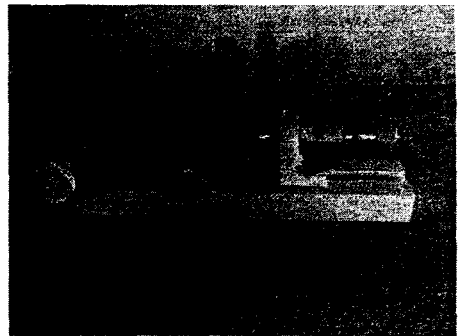
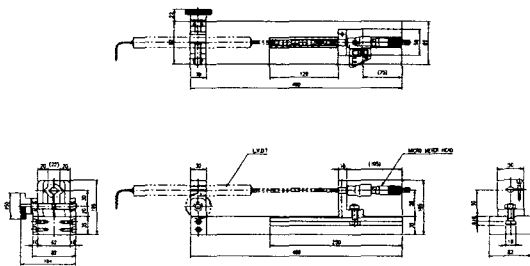
그림 1. 계측센서 배치도

3. 검교정기 제작 및 실험

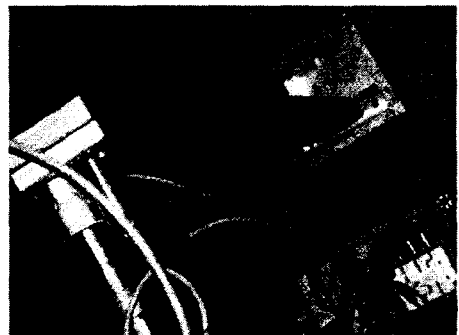
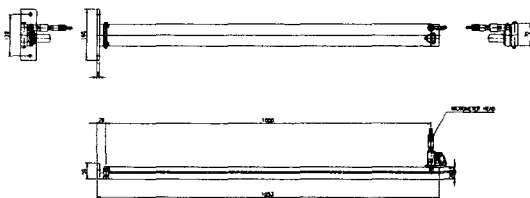
계측센서로부터 현장계측실에 저장되는 계측데이터의 검증을 위하여 각 센서에 적합한 검교정기(calibrator)를 설계 및 제작하여 교정실험을 실시하였다. 실험방법은 교량 내·외부에 부착된 각종 센서들을 분리한 후 그림 2와 같이 자체 제작된 교정기에 연결하여 교정기에서 변위나 경사각 등을 일정하게 가한다. 이후 현장계측실에서 데이터를 수동으로 기록하거나 가속도계, 경사계와 같이 계측센서로부터 저장된 데이터파일을 획득하는 방식으로 수행하였다. 또한, 검교정기의 계측정밀도를 높이기 위하여 검교정기에 micrometer를 부착하였고 이를 이용한 교정실험을 할 수 있도록 설계하였다. 즉, 검교정기의 정밀도는 micrometer의 정밀도에 따라 좌우되므로 교정기에 부착된 micrometer는 1눈금당 $10\mu\text{m}$ 이고, LCD를 이용하면 $1\mu\text{m}$ 까지의 정밀한 계측을 수행할 수 있다.



(a) 영구처짐계 검교정기



(b) 종변위계 및 순간처짐계 검교정기



(c) 경사계 검교정기

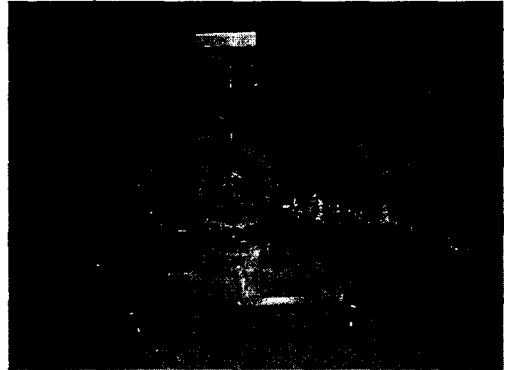
그림 2. 각종 검교정기

3.1 영구처짐계

영구처짐계는 교각과 좌·우측 경간의 중앙부에 각 1개씩 모두 3개가 설치되어 있으며, 교각에 설치된 영구처짐계 2를 기준으로 하여 영구처짐계 1 또는 3과의 수두차의 원리로 계측되는 원리로써, 그림 3(a)와 같이 영구처짐계를 교량하부 슬래브에서 분리한 후 (b)와 같이 검교정기 윗면에 영구처짐계를 고정하고 검교정기에 있는 micrometer기를 일정 μm 만큼 회전시키면, 영구처짐계가 교정기로부터 들어올러지게 되므로 이때의 들림량에 따라 수두차가 발생하게 된다. 즉, 들림량이 교정값이 되며, 이때 계측센서로부터의 계측값을 획득하는 방법으로 측정을 실시하였다.



(a) 영구처짐계

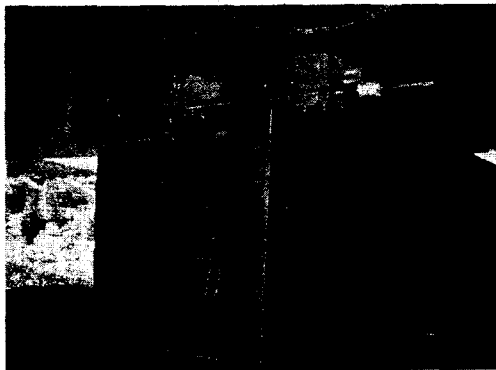


(b) 검교정

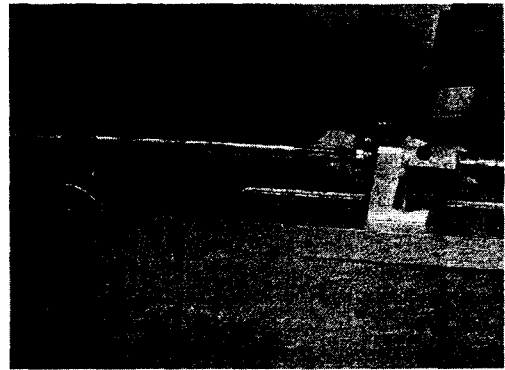
그림 3. 영구처짐계 및 검교정

3.2 종변위계

교좌장치의 가동여부를 측정하는 종변위계는 그림 4(a)와 같이 LVDT를 이용하여 거더의 이동을 측정하는 형식으로 교각하부에 받침이 고정되어 있고 교량과는 LVDT로 연결되어 있으며, 종변위계 인근에는 현장에서 직접 확인할 수 있는 digital indicator가 설치되어 있다. 검교정은 (b)와 같이 종변위계를 분리하여 검교정기와 연결하고 앞서의 영구처짐계와 같이 micrometer기를 일정량 회전시킴으로써 가해진 변위량(교정값)과 종변위계 센서로부터의 계측값을 기록하는 방식으로 실시하였다.



(a) 종변위계



(b) 검교정

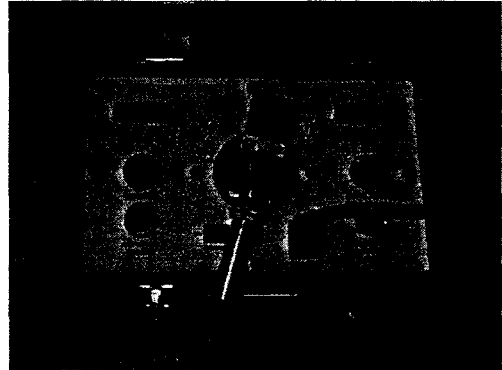
그림 4. 종변위계 및 검교정

3.3 가속도계

가속도계는 그림 5(a)와 같이 교량내부의 경간중앙에 설치되어 있으며, (b)와 같은 주파수와 진폭을 조절할 수 있는 장비인 가진기(Shaker)를 이용하여 가속도계를 가진기에 연결하여 고정된 후 일정 진폭과 주파수를 갖는 진동을 가하고 현장계측실의 데이터파일을 획득하여 분석하는 방법을 취하였다.



(a) 가속도계



(b) 검교정

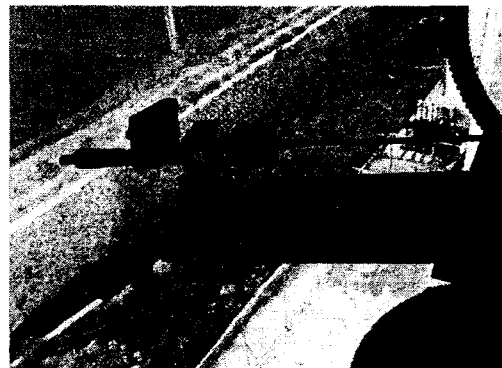
그림 5. 가속도계 및 검교정

3.4 순간처짐계

순간처짐계는 그림 6(a)와 같이 경간중앙부의 거더밑면에 설치되어 있으며 원형판 내부에는 LVDT가 설치되어 있고, LVDT를 고정시키기 위하여 지면으로부터 H-beam을 설치하여 순간처짐계의 받침부를 연결·고정하였으며, 교량내부에는 종변위계와 마찬가지로 digital indicator가 설치되어 있다. 검교정 과정은 종변위계와 동일한 방법으로 실시하였다.



(a) 순간처짐계



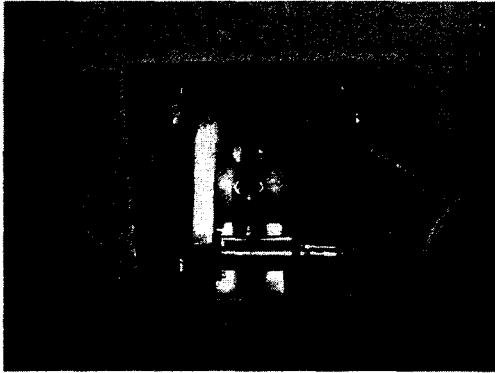
(b) 검교정

그림 6. 순간처짐계 및 검교정

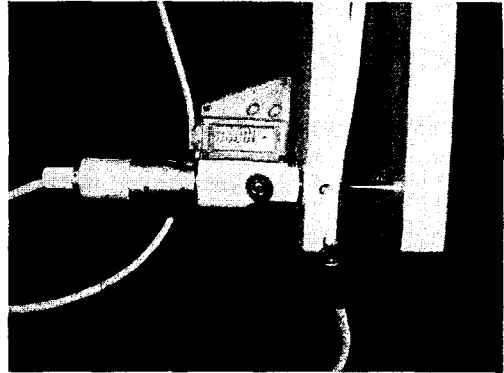
3.5 경사계

경사계는 교각을 중심으로 거더내부의 전·후 상면에 부착되어 있으며 그림 7(a)와 같이 종방향(X)과 횡방향(Y) 축, 2방향 1조씩 2조로 구성되어 있다. (b)와 같이 경사계를 검교정기에 연결하고

micrometer를 이용하여 일정량의 변위를 가하면 교정기는 변위량만큼 회전각을 생성하게 된다. 이때의 회전각을 경사계로부터 현장계측실로 전송된 데이터와 비교하는 방법으로 검교정을 실시하였다.



(a) 경사계 X, Y



(b) 검교정

그림 7. 경사계 및 검교정

4. 결론

본 논문은 철도구조물중 경부고속철도와 같이 중요한 교량구조물에 대한 장기적인 거동특성을 파악하고, 운용중인 구조물의 안전성을 실시간으로 점검함으로써 철도안전 및 구조물 수명연장에 이바지 할 수 있는 상시계측시스템의 검교정방안에 대하여 고려하였다.

이를 위하여 현실적으로 접근이 가능한 센서에 대한 검정기를 자체적으로 설계 및 제작하여 계측센서에 대한 검정을 실시하고 이에 대한 결과를 분석하여 필요에 따라 보정값을 재설정함으로써 향후 안정적인 계측 데이터를 확보할 수 있으며 이에 대하여는 추후 다른 곳에서 논의하기로 한다.

참고문헌

1. 이준석 외, 고속철도 선로구축물 성능확보를 위한 구조물 계측 및 평가시스템 개발(Ⅲ)", 한국철도기술연구원, 2000
2. 이준석 외, 고속철도 선로구축물 성능확보를 위한 구조물 계측 및 평가시스템 개발(Ⅱ)", 한국철도기술연구원, 1999
3. 이준석 외, 수동계측-계측센서 및 설비점검 보고서, 한국철도기술연구원, 2002