설저간철도교량 홍수위/세굴검지 시스템 개발 및 실현장 적용사례

이진욱 >>
한국철도기술연구원 선임연구원

박영곤 >>
한국철도기술연구원 선임연구원

정승용 >>
지구환경전문가그룹 대표이사

용한 사전 예방이 중요하다. 이에 대해 한국철도기술연구원에는 총 3년에 걸친 연구를 진행하고 있으며, 1차년도의 '홍수위에 대한 철도교량 감시관리 시스템 개발'과 2차년도의 '철도교량 세굴검지시스템 개발 및 정보전송·연동방안 수립'을 통해 '철도교량 홍수위 감시관리 시스템'을 개발한 바 있다. 그러나, 체계적인 홍수위 감시관리 시스템이 개발되었다 하더라도 설치 및 운영에 있어서 신뢰성이 검증되지 않는다면 잘못된 정보 전달로 인하여 더욱 큰 위험을 초래할 수 있다. 따라서 홍수위 감시관리 시스템의 신뢰성을 검증하기 위하여 강원도 정선선의 가평천교와 영동선의 석포역과 동점역 사이의 양지천교에 '철도교량 홍수위 감시관리 및 세굴검지 시스템'을 시범설치하여 운영중에 있다. 이에 대한 운영상황을 소개하고 홍수위 및 세굴검지 시스템에 대해 설명하고자 한다.

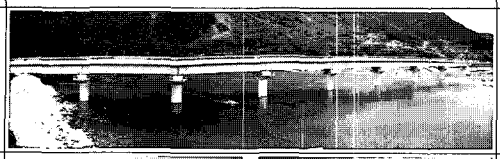
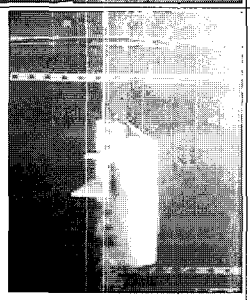
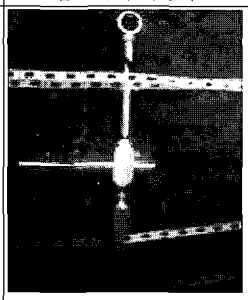
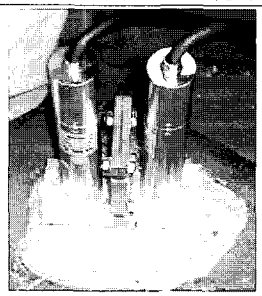
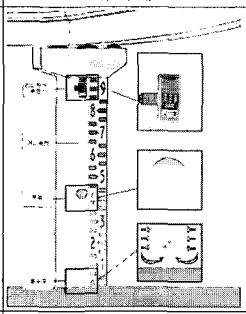
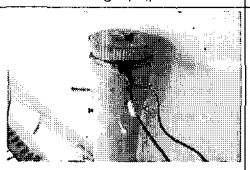
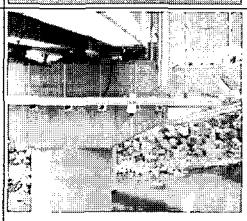
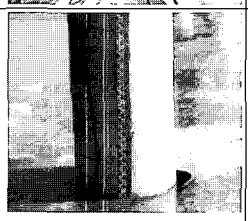
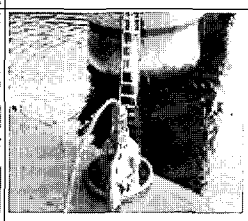
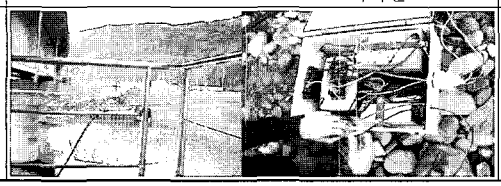
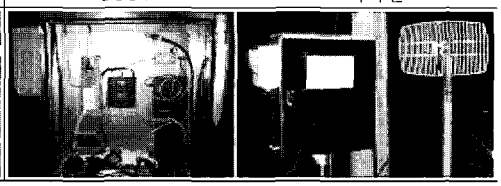
1. 서론

철도 시설물 관리에 있어서 홍수나 세굴과 같이 열차 운행에 피해가 예상되는 경우에는 열차의 안전운전을 확보하기 위하여 적절한 감시관리 시스템을 이

2. 철도교량 감시시스템 설치 및 운영 사례

철도 교량감시 시스템의 시험을 위하여 강원도 정선선의 가평천교와 경상북도 영동선의 양지천교에 설치·운용하였으며 시스템 세부 사양은 표 1과 같다.

표 1. 가평천교와 양지천교의 철도 교량감시 시스템 시험운용 사양

내용	가평천교	양지천교
전경		
수위 및 세굴센서	압력식 수위센서  초음파식 세굴센서	압력식 수위계와 초음파 세굴센서
유속계와 경사계	 유속계 경사계	 경사계
레이저 수위계측 시스템	  	NA
육안 감시시스템	 CCTV  목자판	 CCTV 목자판
데이터 송수신장비		

수위측정은 가능범위 0~10m의 압력식 센서를 적용하였고 세굴은 세굴심 측정범위 50cm~200cm인 초음파 센서를 적용하였다. 각 계측값은 4~20mA의 전류 값으로 데이터로거에 전달된다. 유속계의 측정가능범위는 0-200cm/s이며 0-2V의 전압값이 데이터 로거에 전송된다. 경사계는 브릿지 타입의 센서로 1×10-6V 단위의 전압값이 로거에 전달되고 전달된 전압은 -5°에서 +5°의 기울기로 변환시킬 수 있는 것으로, 교각의 상단부에 두 개를 설치하여 남북방향과 동서방향의 4방향 경사각을 측정할 수 있게 하였다. 한편 가평천교에 설치한 레이져 거리측정기를 이용한 수위계측 시스템은 RS232C 통신방식을 이용하고 있으며 흐르는 물에서도 부표가 항상 동일한 자리에서 수위에 따라 이동할 수 있도록 설치하였다. 마지막으로 CCTV 시스템을 설치하여 현재 국내에서 가장 일반적으로 사용하는 보통 수위관측 장비인 수위표(목자판)를 원격 콘트롤을 통해 계측할 수 있도록 하여 센서의 오작동이나 송수신의 문제에 대처할 수 있도록 하였다. CCTV 시스템은 교량 전체를 한눈에 관찰할 수 있을 뿐만 아니라 줌 기능으로부터 목자판의 눈금을 검침할 수 있다.

2.1 현장제어 프로그램(ELSYS V2.0)을 이용한 실시간 계측

프로그램 ELSYS(v.2.0)는 실시간 수위계측을 통한 열차주행의 안정성 확보, 홍수 및 교량유실로 인한 재해의 사전예방 및 최소화, 자료의 체계적 관리를 통한 시설물 안정성 확보의 기초자료 확보, 조기경보 시스템 구축을 통한 재해의 신속한 대처방안 수립 등의 목적을 위해 개발된 실시간 웹 기반 통합 프로그램이다. 인터넷을 통한 웹 서비스 항목으로는 경고이력 확인, 계측관리 관련 설정 기능, 센서별 계측그래프 확인, 센서별 계측데이터 확인, 현장사진 열람, 현장배치와 동일한 화면 확인, 화면에 현재 수위를 표시함으로써 센서별 위치확인, 게시판 기능을 통한 전문가와의 의견 교환 등이 있다. ELSYS는 타임스케줄에 의해 실시간 자동화 계측이 이루어지며 계측된 데이터를 분석하고 캘리브레이션하여 현장제어용 컴퓨터의 MDB 파일과 데이터베이스 테이블에 저장된다. MDB 파일에는 센서에 대한 계측 데이터뿐만 아니라 데이터 계측시의 로거 연결상황, 로거의 상태 등 각종 이벤트 기록도 포함된다.

2.2 계측데이터의 분석과 조기경보 시스템

계측데이터의 분석은 직관적인 계측데이터와 데이터 베이스를 활용하여 중앙제어프로그램에서 분석한 분석데이터로 구분된다. 직관적 계측데이터는 데이터베이스에 설정된 위험수치, 경고수치 등의 수치와 비교하여 현재 상태를 조기경보시스템에 반영할 수 있도록 설계되었다. 중앙제어프로그램에서는 계측시마다 수집된 데이터를 바탕으로 데이터의 추이를 판단하여 조기경보 시스템의 운영에 반영한다. 중앙제어프로그램에서는 1-5단계의 경고사항을 두고 데이터베이스에서 사용자가 직접 수치를 입력하여 설정할 수 있도록 하였다. 한편, 조기경보시스템은 인명피해 및 재산피해를 감소시킬 수 있는 가장 중요한 문제로 본 연구에서의 핵심 과제라 할 수 있으며 수위 및 수위상승 속도에 따른 열차운전규제방안이 마련되는 경우 이를 적용하여 활용할 수 있도록 하였다. 그림 1에는 인터넷을 통하여 사용자가 실시간으로 교량수위와 세굴깊이, 교각의 경사를 파악할 수 있을뿐 아니라

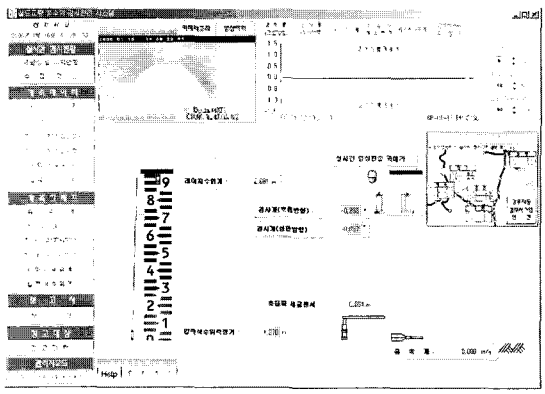


그림 1. 가평천교 Website

CCTV를 통한 현장상황을 파악할 수 있도록 한 웹사이트를 보여주고 있다.

3. 철도교량 홍수위감시 및 세굴정보 전송방안

현장에 설치된 다양한 검지 센서들에 의해 측정된 자료를 중앙관리처, 사용자, 관리자 및 열차 운전자 등에게 전달하기 위해서는 데이터 송수신 장비의 구축이 필수적이므로, 통합된 형식의 현장 네트워크 구축이 선행되어야 한다. 본 연구에서 현장 네트워크로 구축한 LAN은 빠른 전송속도를 유지하고 편리한 통합관리를 수행할 수 있지만 기본적으로 근거리 통신망에 해당하기 때문에 기기간 거리 200m 이상의 경우에는 속도저하 및 통신상태 불량 등의 문제가 발생할 수 있으므로, 센서에서 허브, 도는 현장컴퓨터의 허브에서 허브까지의 거리가 원거리라고 판단되는 경우에는 무선랜(Wireless LAN) 시스템을 이용한 통신이 가능하도록 하였다. 서로 다른 지점간의 무선랜 네트워크 구축에 이용한 브릿지는 지향성 안테나를 이용하여 비교적 고속의 데이터를 전송할 수 있으며 수 km의 반경에 걸쳐 이용될 수 있어 국내의 경우 전용선 회선비용 절감을 위해 인접한 PC방 사이에서도 많이 사용되고 있다. 그림 2에는 브릿지를 이용한 무선랜 구축 시스템과 비향성 안테나의 형태를 제시하였다. 한편 천재지변이나 응급상황에서 정보의 신속한 전달이 피해를 예방하거나 감소하는데 있어서 중요한 역할을 하기 때문에, 본 연구에서는 현재 보급되어 있는 통신 시스템 중에서 가장 보편적이고 대량의 데이터를 신속하고 정확하게 송수신할 수 있는 초고속 인터넷을 외부와의 송수신 방법으로 선택하였다.

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 "철도교량 홍수위 감시관리 시스템 신뢰성 검증"을 위하여 기 설치한 정선선 가평천교에서 시스템을 운영하며 추가로 영동선 양지천교에 시스템을 설치하여 운영함으로써 철도교량 홍수위 감시 및 세굴검지 프로토 타입 시스템의 신뢰성을 입증하였으며, 철도교량 홍수위감시 및 세굴 계측정보 전송방안을 제시하였다. 최종목표로 설정한 철도교량 홍수위 감시관리 시스템 신뢰성 검증을 수행한 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 초음파 세굴센서를 이용한 세굴심계측, 경사계를 이용한 교각경사계측은 계측속도나 정확도면에서 성공적인 계측이 이루어졌으며 신뢰성이 검증되었다.

(2) 철도 교량감시 시스템은 현장에서 수집된 정보의 실시간 저장 및 분석이 가능하도록 설계하였고, 신속하고 안정적이며 경제적인 데이터 송수신이 가능하도록 초고속 인터넷망의 사용을 기본으로 하였으며, 현장 가까운 거리에서부터는 무선랜 브릿지를 사용하여 초고속 인터넷망의 거리를 연장하여 사용하였다.

(3) 철도 교량감시 시스템은 기본적으로 인터넷 기반 시스템을 활용하고 사용자 중심의 인터페이스를 제공함으로써 공간적, 시간적 제약을 받

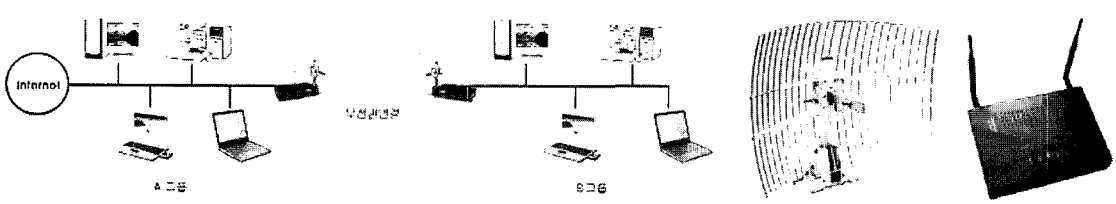


그림 2. 브릿지를 이용한 무선랜 구축

지 않으며 시스템 관리가 가능하다.

이상과 같이, 철도교량에 선정된 시스템을 도입함으로써 운행중인 열차에 조기 경보를 발생시켜 재산 및 인명피해를 최소화 할 수 있을 것으로 예상된다. 현재, 철도시설물의 안정성을 확보하고 재해발생을 최소화하기 위해 본 연구에서 제시한 시스템을 비롯, 기타 기업 및 연구소 등에서도 이와 유사한 목적의 방재 시스템을 구축하고자 하는 노력이 꾸준히 진행되고 있다. 재해방지 및 조기 복구 지원서비스를 위해서는 신뢰성 있는 시스템이 구축되어야 할 것이다. 향후 종합 방재 시스템이 구축되면 철도시설물은 보다 안정적으로 유지 관리될 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 건설교통부(2000) "철도시설의 안정성 강화기술 개발", 건설교통 기술혁신 5개년사업 제1차년도 연구보고서
2. 철도청(1996) "종합 안전진단기법 및 방재시스템에 관한 연구", 한국철도기술연구원 연구보고서
3. 건설교통부(1988) "한국 확률 강우량도 및 한국 가능 최대 강수량도", 연구보고서
4. 건설교통부(1999) "하천 운영 시스템 개발 연구", 연구보고서
5. Clark, A.R., Moore, R. & Palmer, J.S.(1996) "Slope monitoring and early warning system: Application to coastal landslide on the south and east coast of England", UK. Proc. of the 7th International Symp. on Landslide, Norway, pp.1531-1538
6. Tien, D., Nio, A., Tan, K., Wong, C., Oh, L., Achim, S. & Wong, Y.(1996) "A Micro Processor Controlled Landslide Early Warning System", Proc. of the 7th International Symp. on Landslides, Norway, pp.1585-1587
7. Reid, M.E., Lahusen, R.G., And Ellis, W.L.(1999) "Real-time Monitoring of Active Landslides", USGS Fact Sheet 091-99