새만금배수갑문 교량 안전관리시스템 개발 연구

The Study on Developing The Safety Control System for SaeManGeum Drainage Sluice Gate Bridge

조 영 권* 김 관 호** 이 준 구** 김 명 원** 유 정 훈***
Cho, Young Kweon Kim, Kwan Ho Lee, Jun Gu Kim, Meyong Won Yoo, Jung-Hoon

ABSTRACT

We enhance the stability of SaeManGeum Drainage Sluice Gate Bridge. We prevent a destruction disaster of it. We extend the life cycle of it. So We have developed the safety control system to manage the facility of bridge to the continuance.

In this study, sensitive sensor and measuring instrument has been taken to consider the characteristic of the box-girder type concrete bridge. And CDMA type has adapted for wireless communication. Control program has been developed on web base. In this program, the advanced systems have applied like this; the setup of control range for management from the statistical analysis, the evaluation system for force and deformation and the control system for a heavy vehicle permit.

1. 서론

성수대교 붕괴 등 그동안의 역사적 교훈으로부터 교량의 붕괴 예고는 극히 짧아서 사전 대처하지 못하였고, 그에 따른 막대한 피해를 유발하여 왔다. 따라서 위험시뿐만 아니라 상시에도 교량의 거동을 감시할 수 있는 시스템의 필요성이 대두 되었으며, 새만금사업에서도 안전관리 시스템 구축의 필요성이 부각되었다. 새만금지구 가력 및 신시 배수갑문 교량은 교량내부에 대형 게이트를 작동시키는데 필요한 고가의 유압 발생장치와 고압케이블을 내장한 특수한 형태의 시특법상 2종시설물이다. 또한, 새만금지구 배수갑문은 새만금지구 전체의 안전성과 직결되는 구조물로서 만일 배수갑문 교량의 기능이 상실된다면 사회 경제적 피해는 막대할 것이다. 그러나 현대 사회의 비약적인 IT분야 성장과 함께 교량의 안전감시 체제도 이러한 IT기술을 바탕으로 상시 안전관리시스템을 설치함으로써 교량 안전도를 감시할 수 있게 되었다.

본 연구에서는 배수갑문 교량의 안정성 향상, 파괴적 재해예방, 사용수명 연장 등 유지관리를 고도화하고 배수갑문교량의 기능을 지속적으로 관리할 수 있도록 상시 안전관리시스템을 개발 하였다. 새만금 안전관리 시스템은 극치통계분석에 의한 관리한계치 관리, 내하력 평가시스템 도입, 중 차량통행허가관리 시스템 도입 등 보다 진보적인 시스템을 개발 하였다. 또한, 새만금지구의 종합적인 관리를 위하여 홍수 예·경보 시스템, 수질환경 시스템, 해양환경 시스템, 시설물관리 시스템, 물관리 자동화 시스템, 자료관리 시스템 등을 연계하여 구축되는 종합관리시스템과의 연계방안도 고려하여 안전관리

* 정회원, 농업기반공사 농어촌연구원 책임연구원
** 정회원, 농업기반공사 농어촌연구원 주임연구원
*** 정회원, 농업기반공사 농어촌연구원 연구원

시스템을 개발 하였다. 새만금 안전관리시스템은 종합관리시스템의 시설물관리 시스템 중 교량관리 시스템의 하위개념으로 구축되도록 설계되어 있다.

2. 새만금배수갑문 교량 안전관리시스템 개발

2.1 새만금배수갑문 교량 현황

새만금지구 가력 및 신시배수갑문 교량의 지리적 위치는 부안군 및 군산시 인근 서해안에 위치한다. 본 구조물은 교량과 배수갑문의 역할을 동시에 수행해야 하므로 장기간의 공용성을 확보해야 하며, 특히 해상환경에 노출되어 있으므로 여타 내륙에 위치한 구조물 보다 구조물의 열화속도가 빠를 것으로 예상된다. 대상 구조물에 대한 일반적인 사항은 다음 (표 1)과 같다.

(표 1) 새만금배수갑문 교량의 일반사항

구 분	신시 교량	가력 교량
위 치	신시도 (만경강측)	북가력도 (동진강측)
형 식	Box-Girder형 Concrete교	
연 장	4경간 연속교 (33m × 8경간)	5경간 연속교 (33m× 10경간)
폭 원	20.8 m	
설계하중	DB 24 및 DL 24	
특 징	배수갑문조작을 위한 유압기기 등 박스내 수납	

2.2 새만금지구 안전관리시스템 구성

2.2.1 계측기기의 구성

계측기기는 Box-Girder형 Concrete교의 특성을 잘 파악할 수 있도록 비교적 정밀도가 높은 사양의 계측기기를 선정코자 하였으며, 국내 대형교량의 계측 시스템에 설치된 계측기기를 조사하여 모델 및 제작사를 결정하였 다. 계측센서는 신시 및 가력 교량에 각각 (표2)와 같이 8종 47개의 센서를 설치하였고, 데이터 로거는 동적 및 정적로거 3대를 설치하였다.

(표 2) 가력 및 신시 배수갑문 계측기기 현황

구 분	모델 및 제작사	수 량
변형률계	KM-100B (TML)	21개 (정/동적계측)
가속도계	ES-U (kinemetrics)	3개(동적계측)
지 진 계	ES-T (kinemetrics)	1개(동적계측)
처 짐 계	PSM-90 (noptel)	2개(동적계측)
신축이음 변 위 계	PT420 (.celesco)	2개(정적계측)
온 도 계	PT-100Ω (GTC,한국)	9개(정적계측)
균 열 계	KG-5A (toyosokki)	8개(정적계측)
풍향풍속계	Gill Inst (초음파식)	1개(동적계측)
동적 데이터로거	Netpod 4002 (Keynes Controls)	2대
정적 데이터로거	CR-10X (Campbell)	1대

2.2.2 통신방법 및 네트워크 구성

새만금 안전관리시스템은 새만금 방조제 최종 끝막이 공사 이전에 설치된 관계로 유선방식의 네트워크 구성에 어려움이 많았다. 그러므로 가력과 신시교량 내부에 별도의 계측서버를 설치하고 무선통신 방식인 CDMA 방식에 의하여 신시배수갑문 유지관리사무소에 위치한 Web서버로 해석된 자료를 송신토록 구성하였다.

2.3 새만금 안전관리 프로그램 개발

2.3.1 프로그램 개발 방향 및 사용 프로그램

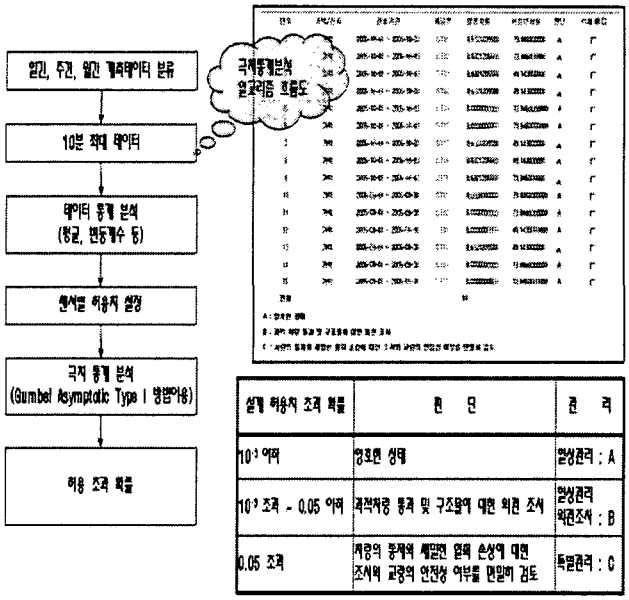
새만금 안전관리프로그램 개발은 Web 기반으로 개발하였으며, 사용자가 손쉽게 운영할 수 있는 GUI (Graphic User Interface) 기반으로 개발하였다. 또한, 장소에 관계없이 계측관리가 가능하도록 CDMA 기반으로 개발 하였으며, 향후 다른 사양의 센서를 관리하기 쉽도록 수정이 가능한 MMI 프로그램을 이용하였다.

새만금 안전관리 프로그램 구성은 D/B 프로그램, DAQ 프로그램, 계측모니터링 프로그램으로 구성하였고, Windows 및 NT 환경에 적합한 언어를 사용하여 개발하였다. 프로그램 개발언어는 C/S 프로그램에는 Delphi를 사용하였고, Web 프로그램 개발에는 ASP, ActiveX, Javascript를 사용하였다. 시스템을 안정적으로 구축하기 위하여 사용된 MMI 프로그램은 OLE Automation 기능과 OPC(OLE For Prosser control) 기능을 지원한다. 본 시스템은 MMI 프로그램 사용으로 시스템에 사용된 OS 운영체제 및 DB구축 프로그램과 호환이 용이토록 하였으며, 안전관리 계측시스템의 구조를 표준화함으로서 향후 확장성 및 유지보수를 손쉽게 하였다.

2.3.2 프로그램의 특징

새만금 안전관리 시스템은 타 교량계측 시스템과는 달리 극치통계분석에 의한 관리 한계치 관리, 내하력 평가시스템 도입, 중차량통행 허가관리 시스템 도입 등 보다 진보적으로 개발 하였다는 특징을 가지고 있다. 새만금 안전관리 시스템에서는 일정 시간 간격 동안 획득된 데이터의 최대치를 분석하여 장래에 어떤 값 이상이 발생할 확률을 미리 예측토록 극치통계분석모델을 제안하였다. 극치통계분석은 Gumbel의 Asymptotic 형태[Penzine, 1993]을 그대로 사용하였으며, <그림 1>은 본 연구에서 제안하는 극치통계분석 시스템의 개략적인 흐름도이다. 여기에서는 먼저 일정시간 간격 동안 계측된 데이터의 최대치를 각 계측기별로 통계분석을 한 다음 그 분포를 파악한다. 그런 다음 센서가 위치한 구조물의 각 허용치를 입력하면 앞에서 제시한 극치통계분석 시스템을 통해 그 허용치를 초과할 확률을 구하게 된다. 산정된 허용치를 초과확률에 따른 의사결정기준도 <그림 1>의 하단과 같이 제안하였다. 기존의 대형교량의 경우 관리기준치를 설계기준서의 기준을 이용하여 설정하고 극한상황의 70%나 50%수준에서 관리하는 방식을 사용하고 있다. 하지만 이러한 확정적 분석방식의 관리기준치 관리 방식은 구조물을 안전하게 관리하는데 있어 불합리한 점이 있다. 그래서 확률적인 분석방법인 극치분석방법을 도입하였고, 이를 시스템에 적용하였다. 따라서 보다 합리적인 구조물 안전관리가 가능하며, 일정시간 간격 동안의 최대치를 확률통계 분석하여 향후 거동 예측이 가능토록 하였다.

<그림 1> 극치통계분석 흐름도

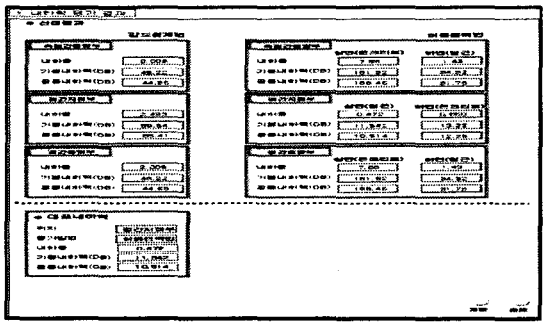


내하력 평가시스템은 구조전문가가 아닌 유지관리 담당자가 시스템을 통하여 교량의 상태를 쉽게 판단할 수 있도록 하기 위하여 개발 하였으며, 강도설계법(LRFR), 허용응력법(WSR)으로 산정된 각

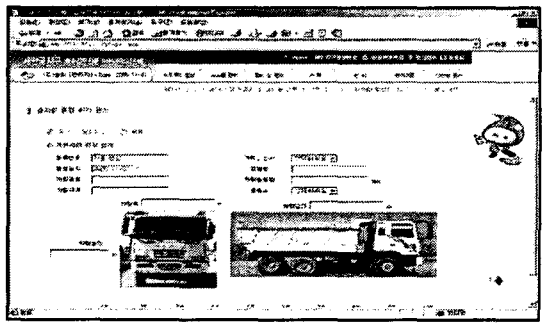
단면별 공용내하력 중 가장 작은 값으로 자동 생성토록 하였다. 내하력 평가시 필요한 기본데이터는 사전 DB화 하였으며, 필요시 자료변경 가능토록 하였다. 내하력 평가결과는 <그림 2>와 같이 나타내도록 개발 하였다.

중 차량 통행관리 시스템은 구조물의 안전을 보장하기 위한 통행허가 판정 시스템으로 차량의 기초자료를 DB화하여 사용이 쉽게 하였으며, <그림 3>과 같이 통과차량에 대한 통행관리가 가능토록 하였다.

<그림 2> 내하력 평가 결과



<그림 3> 중 차량 통행 관리 시스템



3. 결론

새만금 안전관리시스템은 개발 설치 후 현재 시험운영 중에 있다. 시험운영 후 안전관리 기준치의 재 설정 등 미비점을 보완 할 계획이며, 현재까지 개발결과는 아래와 같다,

1) 새만금 안전관리시스템은 Box-Girder형 Concrete교량에 설치된 시스템으로 변형률 등 센서의 계측 값이 비교적 작게 나타나므로 정밀한 계측과 계측결과 값의 정확한 판단이 요구된다. 현재까지 시험 운영한 결과 값을 분석해 볼 때 공용전이며, 콘크리트 구조물이 massive하므로 통행하중에 의한 값보다는 온도하중에 의한 영향이 가장 큰 것으로 나타났다.

2) 내하력 평가시 타 시스템과는 달리 손상지수를 이용한 내하력 평가를 하도록 개발 하였으며, 상시 가속도계데이터에서 나오는 구조물의 고유진동수를 장기간 축적하여 시간에 따른 구조강성의 변화이력을 자동 산출이 가능토록 개발 하였다.

3) CDMA 방식으로 개발된 본 시스템은 서버의 유동성 확보에는 유리하나 실시간으로 원시데이터의 확보하기에는 한계가 있다. 그러므로 차후 방조제 공사가 완료되고 종합관리시스템의 개발 계획 수립 시 광케이블에 의한 유선통신 방식으로 변경토록 하였다.

4) 향후 개발되는 종합관리시스템과의 연계를 쉽게 하기 위하여 MMII 프로그램을 사용하였으며, 내구성 판단을 위해 개발되는 "노후도 감시시스템"등에 계측 결과 값을 공유할 수 있도록 하였다.

참고문헌

1. 박광수 외3인 , "새만금 배수갑문 전용 안전관리 시스템 개발연구", 농업기반공사 농어촌연구원,2004
2. 조영권 외4인 , "새만금 배수갑문 전용 안전관리 시스템 개발연구", 농업기반공사 농어촌연구원, 2005