

제측 대상 교량 선정을 위한 위험도 기법 적용에 관한 기초 연구

박경훈*, 선종완*, 이용준*, 임종권**,

*한국건설기술연구원 인프라안전연구본부, **(주)바름브레인

e-mail:paul@kict.re.kr

A Basic Study on the Application of Risk Assessment for the Selection of Bridges requiring Measurement

Kyung-Hoon Park*, Jong-Wan Sun*, Yongjun Lee*, Jong-Kwon Lim**

*Dept. of Infrastructure Safety Research, Korea Institute of Civil Eng. and Building Tech.

**VARM Brain Co. Ltd.

요약

중소규모 노후 교량의 관리수준에 적합한 계측체계의 도입을 위해서 계측 방법과 대상이 되는 교량의 선정이 필요하다. 노후교량과 손상교량 등 중소규모 교량의 기본적인 계측에 적합한 항목을 발생빈도와 구조물에 미치는 영향을 고려하여 결정하였다. 또한 향후 발생될 위험요인에 의한 위험도 기반 대상교량 선정의 필요성과 방안을 제시하였다.

1. 서론

첨단 센서와 IoT 기술을 접목한 중소규모 노후 교량의 관리수준에 적합한 계측체계의 도입이 필요하다. 이를 위해서는 기본적으로 최소한의 계측 항목 및 계측 정보를 활용한 교량의 거동분석 방법 결정과 대상이 되는 교량의 선정이 선행되어야 한다. 본 논문에서는 중소규모 노후 교량 중 IoT 기반 계측으로 성능변화를 추정하기에 적합한 교량의 선정을 위하여, 교량에 발생 가능한 위험요소를 고려한 위험도 평가방법 적용에 대한 기초연구를 수행하고자 한다.

2. IoT 계측 대상교량의 선정

2.1 IoT 계측체계 개요

교량 구조물은 ‘시설물안전법’에 따라 정기적, 주기적으로 점검진단을 받게 된다. 하지만 중소규모 노후 교량은 대규모 교량에 비해서 점검진단의 수준과 빈도가 낮으며, 간헐적인 점검진단으로 인해 성능의 변화나 열화손상의 진행을 파악하는데 한계가 있다. 따라서 소수의 특수교량 위주의 정밀 계측이 아닌 다수의 노후 일반교량에 대한 맞춤형 기본 계측체계를 구축하여 노후화, 자연재해 등에 따른 교량의 급격한 성능 저하와 이상 징후를 상시 모니터링 하고자 한다.

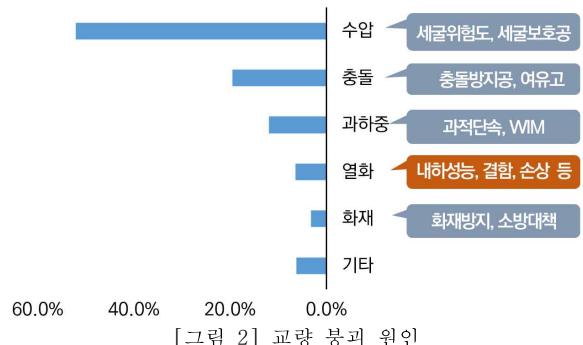
2.2 교량의 손상 및 파손 정보 분석

[그림 1]은 교량의 점검진단시 바다판과 신축이음에 발생되는 대표적인 손상과 빈도를 분석한 결과이다[1]. 이러한 빈

번하고 광범위하게 발생되는 일반적인 손상을 모두 계측하기 위해서는 복잡한 기술과 과다한 비용이 필요하다. 따라서 대부분 정기적인 육안관찰을 통해 확인하게 된다. [그림 2]는 미국의 대표적인 교량 붕괴 원인과 빈도를 분석한 것이다[2]. 극히 낮은 확률의 붕괴를 예방하기 위하여 중소규모의 교량에 붕괴 원인별로 적정한 상시적인 계측시스템을 구축하는 것은 곤란하다. 열화(성능저하, 결함, 손상 등)로 인한 붕괴 이외의 원인에 대해서는 붕괴방지를 위한 사전적 조치를 취하는 것이 합리적으로 판단된다.



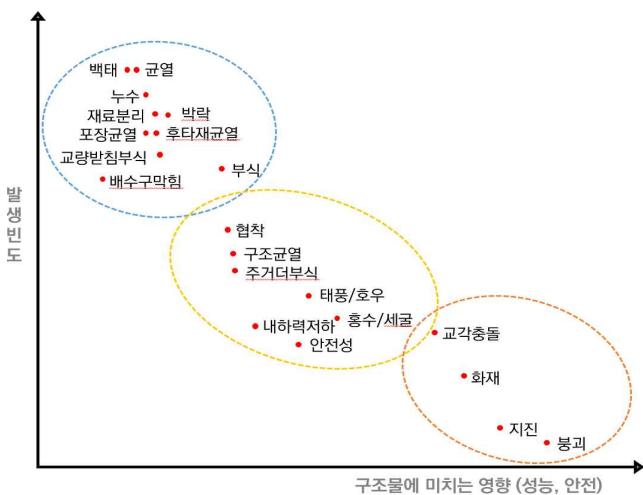
[그림 1] 점검진단을 통한 일반적인 손상의 빈도



2.3 IoT 계측 대상교량 구분

일반적인 손상은 빈도는 높지만 영향(충격)이 낮으며, 붕괴(failure)는 빈도는 낮으나 충격이 크다. 일반교량에 대한 IoT 계측은 발생빈도가 높고 영향이 적거나, 빈도가 낮으나 영향이 큰 위험요인에 즉각 대처하기 위함이 아니다. 문제 교량의 장기적 거동 경향을 파악하여 유지관리 의사결정에 활용될 수 있는 계측체계를 구축하는데 있다.

교량의 문제발생 원인별 발생빈도와 영향의 관계를 정성적으로 나타내면 [그림 3]과 같다. 일반적으로 발생빈도가 높고 광범위한 손상은 구조성능에 영향 적으며, 일상적인 유지관리 수행(정기 조사 및 보수)으로 해결하여야 한다. 또한 발생빈도가 매우 낮지만, 붕괴와 같이 구조성능의 급격한 저하가 발생되는 위험요인에 대해서는 발생 즉시 조치가 필요하거나 사전적 예방조치가 요구된다. 상시 계측모니터링을 통해 손상 및 구조성능의 저하와 같은 이상 거동과 징후를 지속적으로 관찰하여 사전에 대응하기 위한 위험요인은 발생빈도가 높지 않으나 방치시 구조성능 저하가 우려되는 유형이다.



[그림 3] 교량의 문제발생 원인별 발생빈도와 영향의 정성적 관계

3. 리스크 기반 위험교량 선정 방안

3.1 IoT 계측 대상교량 구분

계측 대상교량은 안전에 문제가 있거나 있을 것으로 예상되는 교량을 [표 1]과 같은 기준으로 선정하고자 한다. 노후교량은 상대적으로 노후도가 높아 가까운 장래에 보강·개축이 필요한 교량, 손상교량은 이미 피해를 입어 복구 후 진전여부의 관측이 필요한 교량, 위험교량은 내외부적 위험요인이 높아 선제적 관측이 필요한 교량으로 정의한다.

3.2 위험교량의 선정 방안

앞서 정의한 노후교량과 손상교량은 계측 대상교량을 결정하는데 큰 문제가 없으며, 계측 목표와 항목에 있어서도 보다

명확하게 정의할 수 있다. 노후되었거나 이미 발생된 손상에 대한 사후 예방적 계측에 더해 향후 발생될 위험요인에 따른 선제적 계측이 필요한 위험교량의 선정을 위한 체계적인 방법이 필요하다.

교량의 구조적 문제를 야기할 수 있는 잠재적 위험요인을 분류하고, 각 교량의 건설 및 유지관리 이력, 다양한 환경적 요인을 고려하여 위험도를 판단하여야 한다. 전통적 안전점검 기반의 접근방식보다 구조, 지질, 수리, 환경적인 다양한 위험요인 및 내적 취약도와 파손시 경제적 충격 요소를 고려한 위험도 및 중요도(criticality)에 기초한 데이터 수집전략이 필요하다. 점검 유형 및 빈도, 비파괴시험 및 모니터링 시스템의 계측데이터를 기반으로 위험도 및 중요도 평가를 수행하기 위한 기초연구를 수행중이다. 향후 중첩된 위험요인 중 계측을 통해 선제적으로 파악될 수 있는 항목을 결정하여 교량별 맞춤형 계측 방안을 결정하여야 한다. 또한 위험요인과 위험도에 따라서 실제 현장에서 위험상황이 발생될 가능성에 대한 정량적 예측이 필요할 것이다.

[표 1] 계측 대상교량 구분 및 계측 항목

대상교량	세부 구분	계측 목표	대표 계측항목
노후교량	·개축기본대상 ·공용년수 30년 이상 ·C등급 유지기간 3년 이상	·상시 성능변화 추정	·가속도계 등
손상교량	·수해피해(하부세굴)교량 ·협착피해교량 ·안전성 및 내하력 부족교량	·손상 진전 장기계측 ·복구 후 피해 진전여부 계측	·가속도계 등 ·경사계, 면위계 등
위험교량	·수해피해 위험 교량 ·협착위험교량 ·성능개선 대상교량	·위험의 조기 감지	·가속도계 등 ·경사계, 면위계 등

4. 결론 및 향후연구

노후 중소규모 교량 위주의 중장기 안전성 향상을 위한 IoT 기반 계측체계 구축을 위하여 대상교량 선정을 수행하였다. 노후교량과 손상교량 등 중소규모 교량의 기본적인 계측에 적합한 항목을 발생빈도와 구조물에 미치는 영향을 고려하여 결정하였다. 이미 진행되었거나 발생된 결과에 의한 대상 선정과 함께 향후 발생될 위험요인에 의한 위험도 기반 대상교량 선정의 필요성과 방안을 제시하였다. 향후 교량의 위험요인과 위험도 평가를 수행하고, 계측을 통한 위험의 사전적 예측을 통해 교량의 보다 안전한 활용을 도모하고자 한다.

참고문헌

- [1] <https://nbms.kict.re.kr>, 교량통합관리시스템, 국토교통부.
- [2] Wesley Cook, Paul J. Barr, and Marvin W. Halling, “Bridge Failure Rate”, Journal of Performance of Constructed Facilities, Vol. 29 Issue 3, 2015.