

인천대교 사장교 보강형의 풍압분포 계측 및 분석

Measurement and Analysis of Wind Pressure Distribution on a Deck of the InCheon Cable Stayed Bridge

김상범† · 박현우* · 김재민**

Kim, Saang Bum; Park, HyunWoo and Kim, JaeMin

1. 서론

Wind pressure distribution along a deck of the InCheon Bridge has been measured and analyzed. The InCheon Bridge is a cable stayed bridge with a main span of 800m, which connects YeongJong Island with the mainland of InCheon, Korea. Wind effects are one of the most important factors for the design of long span bridges like the InCheon Bridge. Generally, wind tunnel test is conducted to evaluate several wind related parameters of long span bridges, like the aerodynamic stability, pressure coefficients, the Strouhal number, etc. However, the range of the Reynolds number ($10^{*}3 - 10^{*}5$) used in the wind tunnel tests is quite lower than the range ($10^{*}6 - 10^{*}7$) for actual bridges, because it is difficult to satisfy Reynolds similitude. To investigate the wind related characteristics of the InCheon Bridge, 51 manometers and 9 accelerometers were installed along the deck of the bridge. Every sensor is connected with the wireless sensor networks based on the Zigbee protocol and the Tiny OS for the synchronized measurements. Measured pressure distributions are compared with the CFD analysis: a stationary analysis with a full scale model and a transient analysis with a 1/100 scale model. Since the wind velocity measured with the anemometers installed along the deck of the bridge is highly influenced from the movement of the deck itself, the reference wind velocity of the free wind flow is estimated from the measured wind velocity at the deck based on the meteorological observation data on the region where the InCheon Bridge is

located. The pressure coefficients are estimated from the pressure distribution measured by the manometers and the estimated reference wind velocity. To model the power spectrum of the turbulence of wind pressure with the spatial correlations, 10 manometers are installed along the bridge axis and spectrum analysis is conducted. Finally, the aero-elastic analysis of the bridge with the estimated pressure coefficients is conducted and compared with the measured accelerations.

2. 본론

2.1 인천대교 풍압계측 시스템의 개요

개발된 시스템은 1) 인천대교 사장교의 1.5km 범위에 넓게 분포된 2) 최대 55 Nodes 에서 3) 동기화된 최대 1kHz 의 계측을 4) 수행할 수 있도록 개발되었다. 시스템은 1) Base Station, 2) Sync Stations, 3) Sensor Nodes, 4) Sensor 로 구성되어 있으며, Sensor Nodes 는 55set 의 Motes 로 구성되어 있고, 각 Mote 에는 Girder Accelerometers, Cable Accelerometers, Wind Pressure Manometers 가 연결될 수 있다. 3축 가속도의 경우 최대 165 channel (55Nodes x 3axis)을 1kHz 로 계측할 수 있다.

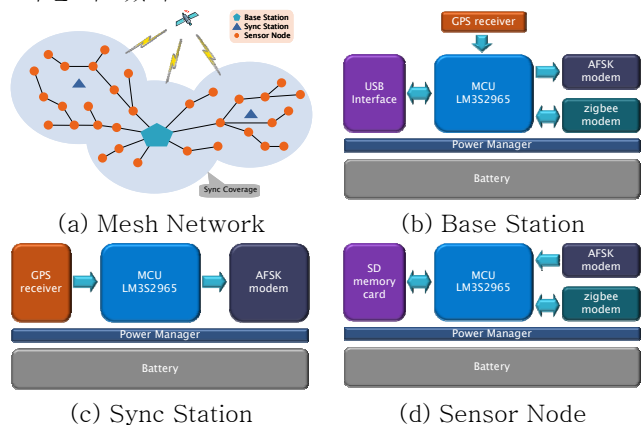


그림 1. 무선풍진동계측시스템

† 교신저자, 삼성물산

E-mail : saangkim@gmail.com

Tel : (02)2145-6483

* withRobot

** TESolution

계측 목적에 따라 3 가지 타입의 센서 연결 가능하며, 시간 동기 정보를 수신하여 각 Sensor Node 간 시간 동기를 유지한다. Sensors 는 현재 1) 보강형 가속도 센서, 2) 케이블용 가속도 센서, 3) 풍압 센서가 있다. 무선네트워크는 두개의 RF Channel 로 구성되어 있으며, 1) IEEE 802.15.4 (2.4GHz, Zigbee) 네트워크는 Mesh network 를 구성하여, Sensor Node 를 제어하고, Sensor Node 의 상태를 Base Station 에서 모니터링하기 위한 양방향 통신 채널이며, 2) AFSK (424Mhz) 네트워크는 시간 동기를 위한 broadcast 채널로서, Base/Sync station 에서 Sensor Node 로의 단방향 통신을 수행하며, Base/Sync station 간 채널 TDMA 로 식별되며 600m Coverage 를 갖는다.

2.2 인천대교 사장교 보강형의 풍압계측

이 연구에서는 각각의 55 nodes 에서는 풍압이나 혹은 3 축 가속도를 각각 100Hz 와 1kHz 로 Sampling 하여 계측하였다. 무선 센서 네트워크에 기반한 시스템임으로, 계측의 목적에 따라 다양한 센서 배치를 비교적 손쉽게 구성할 수 있으며, 특히, 단면내 풍압분포와 풍압의 공간 상관관계를 분석하기 위하여, 주형의 Fairing 상부에 풍상/풍하측 각각에 11 공씩, 단면상부에 7 공, 하부에 13 공을 설치하여, 단면내 총 42 공의 압력 Tube 를 설치하였으며, 교축방향으로 공간상관관계를 분석하기 위하여 13 공의 압력 Tube 를 거리를 달리하여 설치하였다. 설치된 가속도와 풍압 센서의 배열을 다음 그림에 나타내었다.

3. 결 론

인천대교 보강형에서의 풍압계측 결과를 분석하였다. 사장교의 내풍특성을 분석하기 위하여 실교량에서의 풍압분포와 가속도 응답을 계측할 수 있는 무선 센서네트워크에 기반한 풍응답 계측 시스템을 개발하였다. 개발된 시스템의 성능을 검증하기 위하여 풍동실험을 수행하였으며, 주경간 800m 사장교 주형에서의 풍압분포를 계측하였다. 1) 계측된 풍압분포로부터 단면내 풍압계수를 구하고, 2) 풍압 특성의 공간상관관계를 분석하며, 3) 계측된 풍압분포와 가속도 응답을 풍응답 해석과 비교하였다. 개발된 풍응답 계측 시스템은 교량의 풍응답 특성을 보다 잘 이해하게 함으로써, 장대교량의 내풍 특성을 평가하고 향상시키는데 활용할 수 있을 것으로 생각된다.

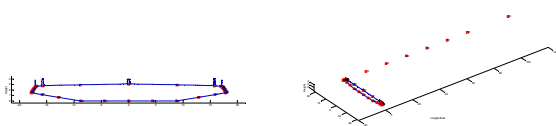


그림 2. 보강형 풍압센서 배열

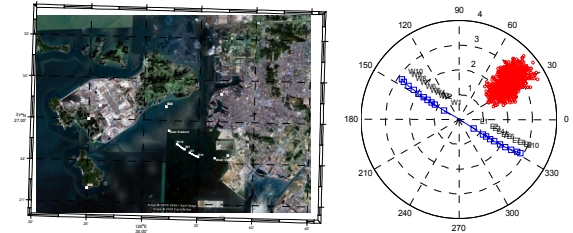


그림 3. 인천대교, 풍환경 계측

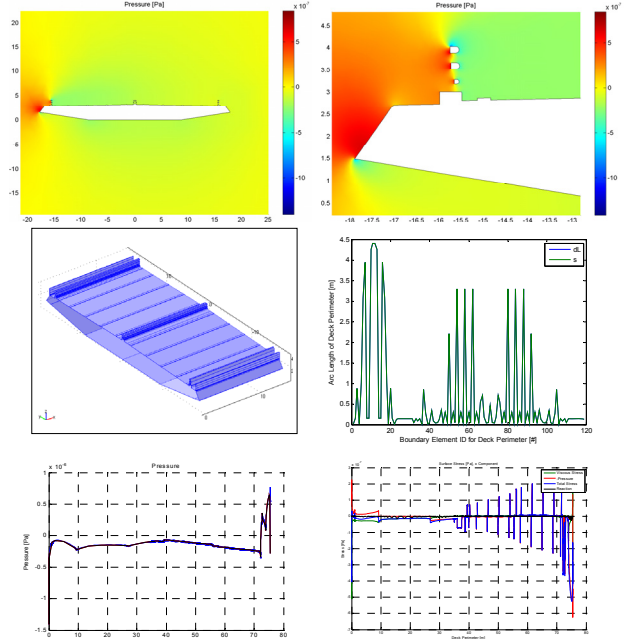


그림 4. 보강형 풍압분포

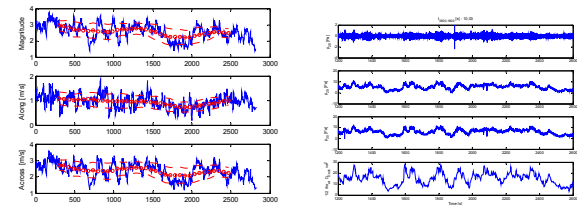


그림 5. Measurement: Anemometer, Manometer

참고문헌

1. Saang Bum Kim (2010) " Wind Effects on Cable Supported Bridges: Wind Response Measurement and Analysis of InCheon Bridge", Tech. Rep., Samsung Institute of Construction Technology
2. Hyun Woo Park (2009) " 장대교량 풍진동 계측 시스템", Tech. Rep., withrobot.
3. Withrobot (2010) S-Bridge 프로젝트, <http://withrobot.com/121>.
4. Saang Bum Kim, Dukki Im, Changhyun Kim, Yu Seung Kim, Yong Hwan Lee (2008) " Application of Reference Based Stochastic Subspace Identification to a Long Span Bridge under Construction", KSNVE 2008.