

# 무선 센서 네트워크를 이용한 콘크리트 유동성능 평가장치 설계

## Design of a Fluidity Measuring Device for the Concrete Using WSN

이 보 희<sup>\*★</sup>, 경 정 규<sup>\*</sup>, 최 연 왕<sup>\*\*</sup>, 정 재 권<sup>\*\*</sup>  
 Bol-Hee Lee<sup>\*★</sup>, Jeong-Kyu Kyeong<sup>\*</sup>, Yung-Wang Choi<sup>\*\*</sup>, Jae-Gwon Jeong<sup>\*\*</sup>

### Abstract

The high flowability performance evaluation device for the concrete is the device which was designed to compensate from the incorrect data detection of the viscosimetry examination of the existing concrete. As for the existing concrete viscosimetry method, the measuring data for a viscosity are very irregular by the point of view of an experimenter and a supervisor, Therefore there were some problems to have many different opinions by a small numerical value difference according to the job characteristic. In this paper, we suggested some mechanism to compensate the problem and some driving electronics including the related algorithm, and the communication structure with wireless sensor network between the devices and users are also presented. The effectiveness of the suggested method was verified with a real experiment.

### 요 약

고유동 콘크리트 유동성능 평가장치는 슬럼프 플로 500 mm 도달속도와 플로우 유동의 데이터를 종합하여 KS F 2594 기준을 측정하기 위한 장치이다. 그러나 기존의 KS F 2594 측정 방법은 시험은 시험자와 감독자의 관점에 따라 점도에 대한 데이터가 매우 불규칙하여, 실무에서는 작은 수치 차이로 인하여 많은 의견 충돌이 발생하는 문제점이 있다. 따라서 본 논문에서는 기존의 이러한 문제점을 개선한 형태의 기구부의 메카니즘 설계와, 아울러 기구부를 구동하는 전자회로를 제시 하였다. 아울러 설계된 장치와 사용자간의 인터페이스를 위한 알고리즘과 무선센서 네트워크를 사용한 데이터 전송 방식에 대하여 다루었다. 제시된 방법은 실제 실험을 통해 검증하여 그 유용성을 보였다.

**Key Words :** High-fluidity concrete, fluidity measurement, wireless sensor network.

## 1. 서 론

---

\* 世明國大學校 電氣工學部, \*\* 土木工學部  
 (School of Electrical, and Civil Engineering,  
 Semyung University)

★ 교신저자 (Corresponding author)

※ 본 연구는 한국건설교통기술평가원 건설핵심연구 개발사업의 고성능·다기능 콘크리트의 개발 및 활용기술 (05건설핵심 D11-1)의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

接受日:2010年 9月 6日, 修正完了日: 2010年 9月 29日

일반 무선 센서 네트워크는 통신 기반이 구축되어 있지 않으며, 데이터 량이 많지 않은 외부 환경의 측정시에 사용하기 적합한 통신 방식으로 원격 검침 장치에 많이 채용되고 있다. 원격으로 측정방법은 대부분 측정체 부분에 장착된 센서장치에 센서 네트워크 노드를 두고 각 노드를 여러 개 두어 서로 데이터를 전송시켜 궁극적으로 PC까지 전송 받아 내부의 소프트웨어에서 처리하는 구조를 가지고 있기 때문에 기본 통신 인프라가 구축되지 않은 주변 환경의 상태를 원격으로 측정할 수 있는 장점을 가지고 있어 지구 환경 측정<sup>[1]</sup>,

거주민의 행동 양식 분석<sup>[2]</sup>, 도로 및 특정 지역의 교통량 측정<sup>[3]</sup> 의료 환경에서의 환자상태 파악<sup>[4]</sup> 및 가정 내에서의 각종 데이터 정보 취득 분야 등에서 다양한 형태로 사용되고 있는 실정이다.



Fig. 1. Conventional measurement method  
그림 1. 고전적 측정 방법

한편, 국내의 건설 산업은 비약적인 발전을 이루어 초고층 빌딩 및 초장 대 교량 등 건설구조물이 점차 고층화 및 특수화됨에 따라 건설재료로 가장 많이 사용되고 있는 콘크리트 또한 기존의 일반콘크리트에서 시공성능 향상 및 고품질을 확보할 수 있는 특수콘크리트인 고유동 콘크리트에 대한 시공사례가 증가되고 있는 추세이다.<sup>[5-7]</sup>



Fig. 2. Measurement system using camera  
그림 2. 카메라 이용 측정 장치

이러한 고유동 콘크리트의 성능을 평가하기 위해서는 유동성능 측정 방법이 중요하며 국내에서는 2004년 KS F 2594 (굳지 않은 콘크리트의 슬럼프 플로 시험 방법)를 통하여 슬럼프 플로의 측정 장치와 방법에 대한 규정을 제시 하고 있다. 그러나, 제시된 측정 방법은 그림 1 과 같이 실험자와 관찰자의 주관적인 시점에서 줄자와 스톱워치를 이용하여 콘크리트의 유동성능을 판단하는 방법이므로 오차범위가 크기 때문에 데이터의 신뢰성 확보가 문제가 되고 있어 보다 정밀한

새로운 측정 장치가 요구되고 있다. 최근에 와서 컴퓨터를 이용하여 정확한 측정을 하려는 카메라를 사용한 그림2와 같은 영상처리방법등이 있다.<sup>[8]</sup> 하지만 이러한 방식의 카메라를 사용하는 방법은 상당한 고가의 장비라는 점과 현장에서 측정시 측정 실험 환경이 먼지, 습기가 많은 점을 고려할 때 카메라가 적합지 않은 문제점을 내포하고 있다. 아울러 카메라와 접속되는 컴퓨터가 반드시 필요하기 때문에 현장에 반드시 전용 컴퓨터를 설치해야 하는 문제점이 있다. 그러므로 이러한 문제점을 개선하기 위해서는 다른 측정 방법을 원격으로 처리해야 하며 측정 센서도 먼지와 습도와 같은 열악한 환경에서 인내할 수 있는 장치의 선정이 필요하다. 따라서, 본 논문에서는 원격 측정방법인 무선센서 네트워크를 고유동 콘크리트의 유동성능 측정에 적용하기 위하여 레이저 다이오드를 정착한 모형 유동성능 측정 장치를 제작하였으며, 또한 일반 PC 기반으로 기구부를 제어하여 데이터를 검출 및 분석할 수 있도록 소프트웨어를 설계하여 보다 정밀한 데이터를 통한 유동성능 분석의 가능성을 분석 고찰하였다.

## II. 구조 설계

콘크리트 유동 측정 장치는 실제로 콘크리트를 만들어 장치에 투입하여 전체 유동과정을 측정할 수 있는 구조가 하나의 장치로 만들어야 한다. 하지만 반복적인 실험을 하기 위해서는 측정 장비를 쉽게 교체 하고 재현성이 있는 구조를 만들어야 하기 때문에 전체구조를 두 분야로 나누어 설계 하였다.

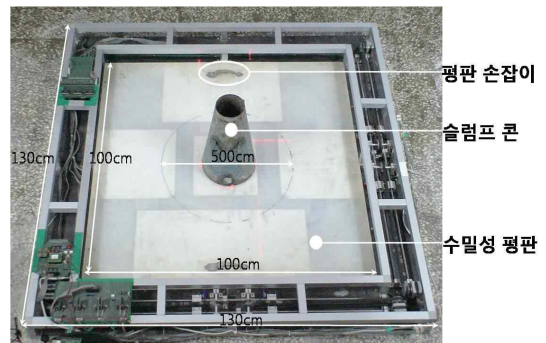


Fig. 3. The proposed measurement system  
그림 3. 제안된 시스템 구조

첫번째 전체구조를 콘크리트의 유동성을 측정하기 위하여 콘크리트가 흘러 갈 수 있는 기구부에 대한 설계와 두 번째 호르는 콘크리트의 속도와 넓이를 측정 할

수 있는 전장 부분이 부착된 측정 부분으로 나누어 설계 하였다. 전체 구조 중 수밀성 평판은 그림 3과 같이 가로 및 세로 길이가 각각 1,000mm의 크기의 아크릴판으로 제작 되었으며, 수밀성 평판 중앙에 슬럼프 콘을 배치하여 슬럼프 콘의 내부를 콘크리트로 채워 넣은 후 슬럼프 콘을 위로 들어 올리게 되면 원의 형태로 콘크리트가 수밀성 평판위로 흘러 갈 수 있는 형태로 제작 하였다.

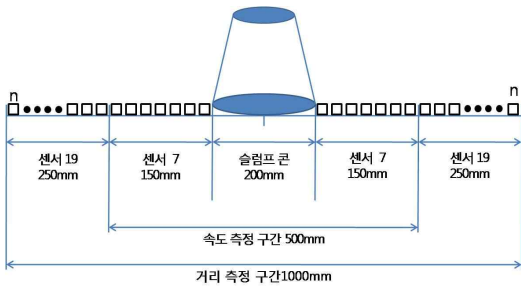


Fig. 4. Conceptual figure of measuring  
그림 4. 측정 개념도

측정부의 기구 설계는 내경은 수밀성 평판과 동일하며 외경은 가로 및 세로 길이가 각각 1,300mm 이며 높이는 100mm 형태로 제작 되었으며 이때 원의 형태로 흘러가는 콘크리트를 4방향에서 측정 할 수 있도록 설계되었다. 먼저 센서 보드는 그림 4와 같이 총 26개의 수광 센서를 KS F 2594과 동일한 치수로 실험을 실시하기 위하여 직경 500mm 구간에 설치하여 속도 측정을 가능하게 하였으며, 직경 1000mm 구간까지는 고유동 콘크리트가 흘러간 거리 측정을 목적으로 설치하였다.

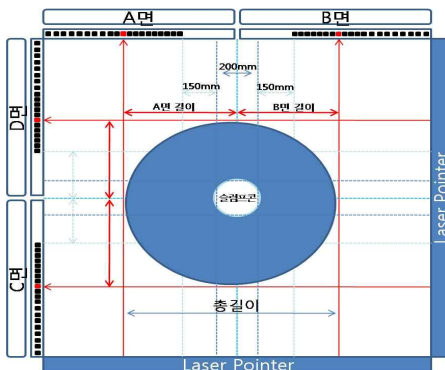


Fig. 5. The detailed specification of measuring plate  
그림 5. 측정 평판 세부 사양

여기서 속도 측정부는 총 7개의 수광 센서가 2.1mm 간격으로 100mm ~ 250mm안에 배치 되어 있고 거리 측정부는 19개의 수광 센서를 250mm ~ 500mm 구간

안에 배치하여 설계하였다. 설계된 센서 보드는 실험 시 고 유동 콘크리트의 흐름이 멈추었을 때 까지 값을 측정하여 다음 그림 5와 같이 고유동 콘크리트의 길이를 판단하게 된다. 이러한 구조를 사용하여 콘크리트의 유동성을 측정하기 위한 장치의 한쪽 면의 전체 길이는 식(1) 및 (2)를 이용하여 구할 수 있다.

$$A\text{면길이} = \text{간격} \times \text{위치} + \text{속도구간} \quad (1)$$

$$\text{총길이} = (A\text{면길이}) + (B\text{면길이}) \quad (2)$$

그리고 콘크리트가 네 방향으로 고르게 퍼져나가기 때문에 각 네 방향에 같은 크기의 센서 측정판을 설계하여 배치하였다. 측정 방법은 각 부분의 500mm 도달 시간과 길이를 이용하여 평균하여 KS F 2594 기준에 의해 등급을 판단하게 된다.

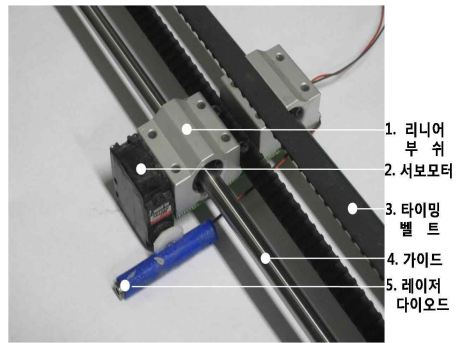


Fig. 6. Laser pointer module  
그림 6. 레이저포인터 모듈

각 면에 장착된 센서모듈구동장치는 그림 6과 같다. 그림과 같이 레이저 다이오드를 원통에 고정시켜 실험 장소에 따라 다이오드의 조준점이 바뀌게 되는 현상을 서보모터를 사용하여 레이저 다이오드의 각도를 변경할 수 있게 설계하였으며 리니어 부쉬 2개를 가이드의 넓이에 맞게 연결 하여 2개의 가이드에서 직선운동을 할 수 있도록 모듈을 제작하였다. 완성된 모듈은 그림 7과 같이 스텝모터, 풀리, 타이밍 벨트를 이용하여 가이드를 따라 움직이며 중앙 처리부로부터 명령을 받아 콘크리트의 유동성을 감지할 수 있도록 설계 되었다. 그림 7에서 상단부는 전체 레이저 포인트 구동부를 나타낸 그림이며 하단의 그림은 각 부분을 세부적으로 표현한 그림이다. 여기서 레이저 센서를 이동시키기 위해서는 간단하게 펄스 입력에 따라 움직일 수 있는 스텝모터를 사용하였으며 풀리와 타이밍벨트를 이용하여 레이저 센서 가이드를 움직일수 있게 하였다.

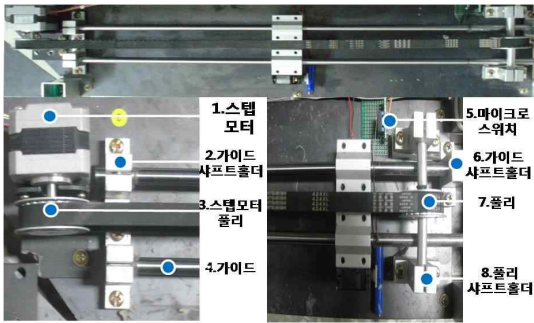


Fig. 7. Laser pointer driver  
그림 7. 레이저 포인터 구동부

또한 그림 7의 우측 그림과 같이 여러 번 실험이 반복될 수 있도록 마이크로 스위치를 장착하여 가이드의 처음을 알 수 있으며, 더 이상의 모듈 진행을 방해하여 가이드 이탈 상황을 방지할 수 있도록 제작되었다. 이러한 가이드와 벨트와 이를 구동하는 스텝모터를 이용하여 레이저 포인터를 이동시키면서 수광부의 수신 상태에 따라 콘크리트의 유동을 측정하고 이를 누적하여 점도를 측정할 수 있다.

### III. 제어기 설계

상기 설계된 기구를 구동하는 전장 제어부의 기능은 그림 8과 같이 크게 중앙 처리부, 센서 구동부, 모터 구동부 3가지로 나누어 설계하였다.

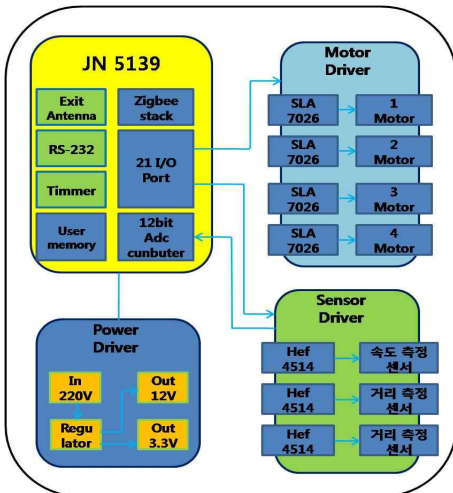


Fig. 8 Block diagram of the controller  
그림 8. 전체 제어기 구성도

전체 제어부의 핵심인 중앙 처리부와 센서입력을 받아들이며 입력된 결과를 중앙 처리부로 전달하는 센서부와 중앙 처리부에서 명령을 전달 받아 모터를 구동하는 모터 구동부로 구분하였다.

중앙 처리부는 그림 9와 같이 32비트 처리능력을 가진 제닉사(Jennic)의 무선마이크칩인 JN5139를 사용하였다. 이 칩은 내부에 Zigbee 스택과 4개의 12Bit ADC, 21개의 범용 입출력 포트, 타이머, 비교기 등 다양한 부가 기능을 내장해 추가적인 회로 구성이 적고, 센서나 모터 드라이버 등을 장착하여 사용하기 용이하게 만들어져있다.<sup>[9]</sup>

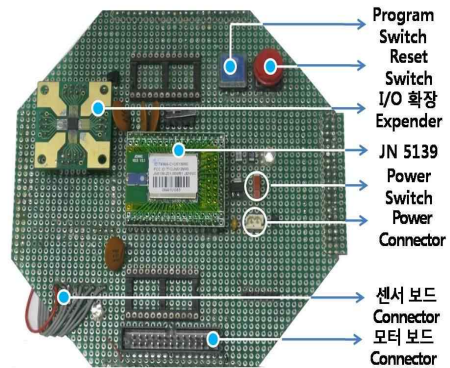


Fig. 9. MCU unit(JN5139)  
그림 9. 중앙 처리부(JN5139)

중앙 처리부의 역할은 센서부로 부터 에서 데이터를 수신 받아 레이저 포인터 모듈의 위치와 콘크리트의 속도, 넓이를 판단하고, 검출된 데이터를 비교하여 모터 구동여부, 또는 모든 데이터를 종합하여 무선으로 코디네이터(coordinator)를 통하여 사용자와 CPU 간의 인터페이스를 가능 하게 하여 준다.

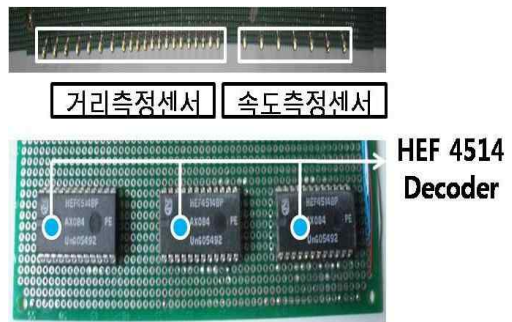


Fig. 10. Sensor Interface  
그림 10. 센서 구동부

센서 구동부 그림10과 같이 1개의 속도측정 디코더

(HEF4514) 와 2개의 거리측정 디코더(HEF4514) 총 3개를 사용하였으며 각 디코더는 16개의 센서를 접속할 수 있어서 길이 측정용 32개의 센서를 접속할 수 있고 속도 측정 구간용으로 16개를 설치할 수 있게 제작되었다. 속도 측정 디코더와 길이측정 디코더는 CPU에서의 제어신호를 이용하여 측정 구간에 따라 필요한 센서만 선택되게 하고 선택된 센서는 내부의 A/D컨버터를 이용하여 수신 레벨을 조절하여 측정할 수 있게 설계되었다. 그림 11은 구동용 모터 드라이버를 나타낸 그림으로 레이저 발광장치를 이송시키기 위한 모터 구동부로 4개의 각 방향을 움직일 수 있게 설계되었다.

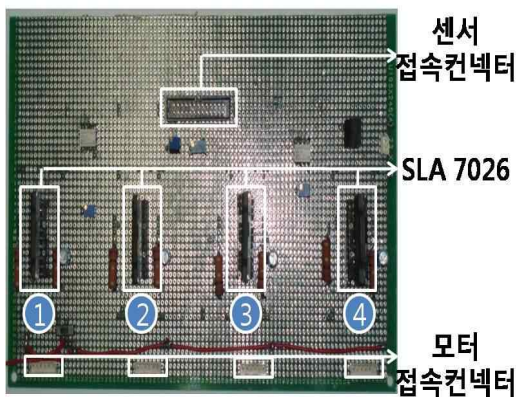


Fig. 11. Motor driver interface  
그림 11. 모터 구동부

4방향 모두 다른 움직임을 갖고 있기 때문에 4개의 모터를 각각 제어하기 위해선 총 16개의 입출력 I/O가 필요 하다. 그러나 제닉사(Jennic)의 JN5139 는 입출력 포트를 21개밖에 갖고 있기 때문에 모터 뿐만 아니라 다른 제어기도 제어하기 위하여 I/O Expender (PCA9555)을 사용하여 입출력 포트를 확장 하여 4개의 스텝 모터 드라이버(SLA7026) 을 중앙 처리부로부터 위의 그림과 같이 제어를 하여 스텝 모터를 구동하여 흘러 가는 콘크리트를 측정 할 수 있도록 설계 되었다.

#### IV. 소프트웨어 설계

모든 제어부와 기구부를 제어하고 원하는 데이터를 검출하기 위해서 다음 그림 12 과 같이 사용자와 제어기와의 무선 통신을 통한 인터페이스가 필요한 실정이다.



Fig. 12. Experiment environment  
그림 12. 실험 환경

그 이유는 그림 12와 같이 실험실의 실험 환경은 대부분 외부로부터 위험 상황이 고려되지 않은 환경이므로 유선을 이용한 사용자와 실험 장치의 인터페이스가 편리 하지 못할뿐더러 실험 장치의 오작동 또는 파손을 일으킬 우려가 있기 때문이다. 그렇기 때문에 고유동 콘크리트 유동성능 평가 장치는 그림 13과 같이 무선 네트워크를 사용하여 이러한 단점을 보완 하였으며, 본 실험 장치는 무선 네트워크 처리용 CPU를 ZigBee 무선 네트워크 프로토콜을 내장하고 있는 제닉사의 JN5139를 사용하였다. 제안된 측정 장치는 측정부에 라우터 기능을 가리게 하여 측정 결과를 컴퓨터와 연결된 코디네이터에 전달 할수 있는 구조로 만들었으며 컴퓨터와 측정부가 원거리 떨어져 있는 경우 중간에 중계용 라우터를 설치하여 원격에서도 측정데이터를 받아 볼 수 있는 구조로 설계 되었다. 따라서 열악한 현장에서의 데이터 처리를 원활하게 할수 있게 만들었다.

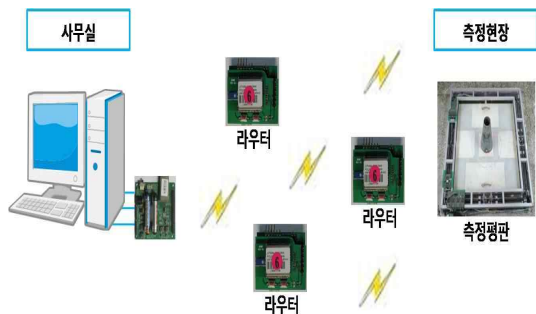


Fig. 13. Configuration of wireless network system  
그림 13. 무선 네트워크 시스템 구성

각 부분을 구동하기 위한 소프트웨어는 코디네이터와 라우터 기능으로 분리 될 수 있으며, 첫 번째로 코디

네이터 프로그램은 사용자 컴퓨터 기반으로 동작하는 프로그램으로 사용자와 인터페이스를 제공하는 기능을 가지고 있으며 사용자가 원하는 명령을 무선으로 실시간 전송이 가능하다. 그렇기 때문에 코디네이터는 사용자의 PC로부터 명령을 수신하여 무선으로 라우터에게 명령을 송신하고 또 라우터로부터 검출된 데이터를 수신하여 사용자의 PC로 송신하여 준다. 그리고 코디네이터의 중 모듈인 라우터(router)는 전원이 인가됨과 동시에 코디네이터에게 자신의 프로파일을 전송하여 코디네이터와의 네트워크를 구성하며 그 이후에 사용자의 명령을 코디네이터로부터 전송 받아 검출된 데이터를 비교, 판단하고 종합하여 데이터를 코디네이터에게 송신 하게 된다.

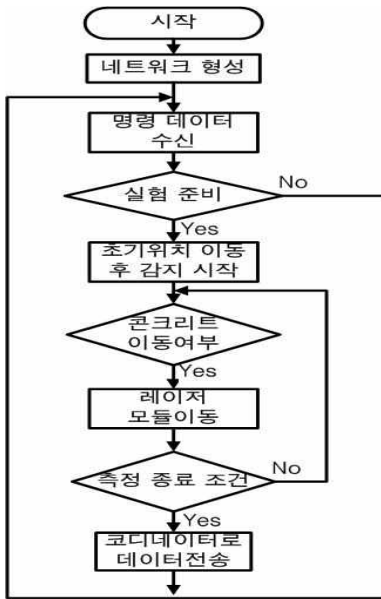


Fig. 14. Flowchart of measurement  
그림 14. 측정 순서도

라우터의 동작은 측정평판에 장착되어 있는 모듈과 중간 계기 역할을 하는 모듈로 대별되며 측정 평판의 모듈은 그림 14와 같이 코디네이터로부터 명령을 받아 모든 과정을 수행 하도록 설계 하였다. 그림에서 알 수 있듯이 가이드(구조 설계부분의 그림 6)의 시작점에 마이크로스위치를 장착하여 초기위치를 알 수 있게 된다. 그 후 사용자로부터 시작명령을 받아 콘크리트의 이동 여부를 판단하게 되며 처음 센서가 콘크리트를 감지 했을 때 중앙 처리부는 타이머 카운터를 시작하게 되며, 그 후 콘크리트를 감지하는 센서들은 감지 직후 라우터로 감지 신호를 보내게 되며 라우터

는 그 시간을 기억 하게 된다. 그리고 500mm 센서가 콘크리트를 감지 했을시 타이머 카운터를 종료하게 되며 모든 500mm 도달 시간을 감지 할 수 있게 된다. 그리고 거리 측정부분은 콘크리트를 감지한 마지막 센서의 위치를 찾아 4개의 센서 보드의 데이터를 종합하여 거리를 계산 하게 되며 이렇게 속도와 거리에 대한 데이터를 종합하여 Slump flow(mm)와 Slump flow 500(mm) 도달시간 (sec)에 의해 콘크리트의 등급을 측정 된다.

### V. 실험 결과

흘러가는 콘크리트를 감지하기 위해 가장 기본적인 동작인 레이저 포인터와 센서간의 센싱 여부를 판단하기 위해 그림 15와 같이 개별 적인 모의 실험을 통해 센싱 여부를 확인하였다.

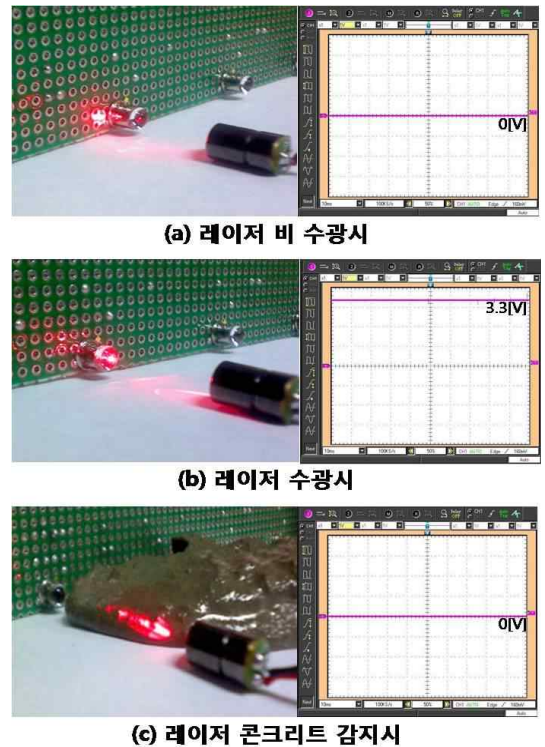


Fig. 15. Level sensing difference for laser light  
그림 15. 레이저 수광 레벨 측정

그림 15의 (a) 그림과 같이 레이저가 수광센서에 도달 하지 않았을 경우의 전압은 0[V] 이고 (b) 그림과

같이 레이저가 수광 센서에 도달했을 때 전압은 3.3[V]이며, (c) 그림처럼 콘크리트가 흘러 가게 되어서 센서에 레이저 빛이 투과 하지 못할 경우도 실험을 하였다. 이렇게 실험을 통해서 수광 센서와 레이저 포인터가 정상 동작 하는 것을 검증 하였으며 다음 그림 16는 모의실험을 통하여 센서의 센싱 여부를 검증 한 뒤 실제 콘크리트를 측정하는 모습이다.

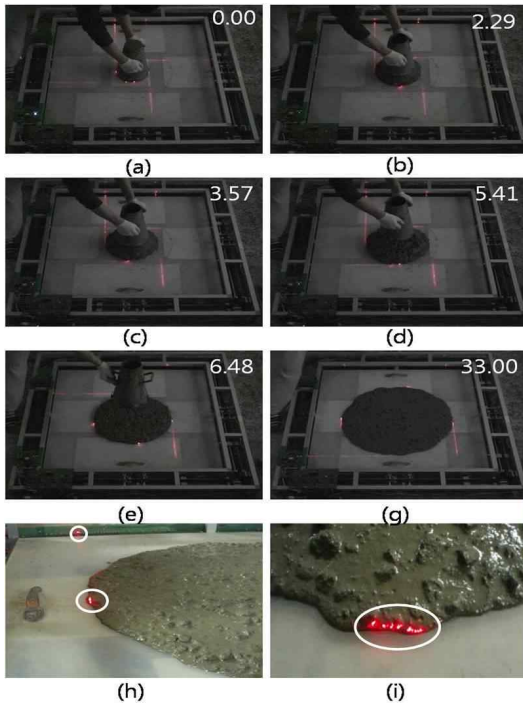


Fig. 16. Snapshot of the experiment  
그림 16. 측정 실험

그림 (a)는 처음 슬럼프 콘에 콘크리트를 채운뒤 슬럼프 콘을 들어올리기 전 사진이며, (b)~(e) 그림을 통하여 흘러가는 콘크리트를 센서별로 4방향 각 각 콘크리트의 끝 지점에 조준되어있는 레이저 포인터 조준점을 통하여 알 수 있으며 (g), (h), (i)의 그림과 같이 콘크리트가 더 이상 진행을 하지 않을시 레이저포인터는 해당 위치에서 콘크리트를 끝 지점을 추적 하며, 더 이상 진행 하지 않는 것을 알 수 있었다. 이때 사용자의 명령에 따라 모든 데이터를 수집한 라우터는 코디네이터로 데이터를 전송 하여 데이터를 받은 코디네이터는 다음 그림 17과 같이 사용자의 PC로 측정 결과를 전송 하게 된다. 그림 17 에서 속도에 대한 데이터의 단위는(m/s)이다. 예를 들어 (SensorBoard 1 = 870)의 데이터는 0.87sec 이며, 센서 도달거리의 데이터

인 (SensorBoard 1 = 10)의 데이터는 수식 3과 같이 330mm 로 콘크리트의 길이를 판단 할 수 있다.

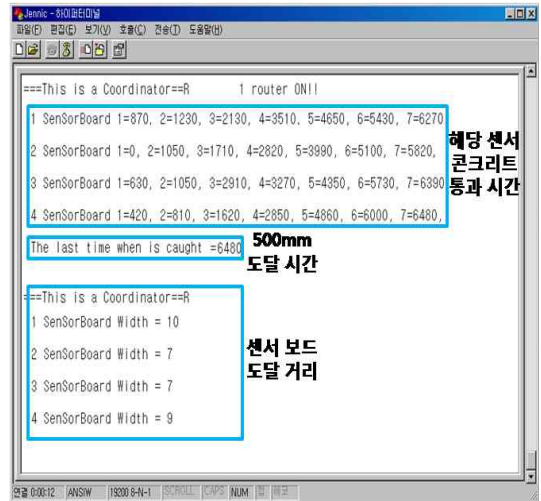


Fig. 17. Window of the user interface  
그림 17. 사용자 환경

그리고 콘크리트가 각 방향으로 다르게 퍼져 나가는 것과 각 센서 보드의 센서별 통과 시간을 그림 18과 같이 그래프로 표현해 보았으며 500mm도달 시간에 대한 데이터를 이상 없이 획득 할 수 있고, 이때 센서의 위치를 각 센서 보드별 센서 위치를 종합해 보면 현재 흘러간 콘크리트의 넓이를 알 수 있으며 현재 센서 보드에는 8mm의 간격으로 센서가 배치되어 있어 센서 보드별 데이터를 다음 수식 1 에 대입하여 각 방향으로 퍼진 길이를 구하면 다음(3)~(6)과 같다.

$$A\text{면}(8\text{mm}) \times (10) + (250\text{mm}) = 330\text{mm} \quad (3)$$

$$B\text{면}(8\text{mm}) \times (7) + (250\text{mm}) = 306\text{mm} \quad (4)$$

$$C\text{면}(8\text{mm}) \times (7) + (250\text{mm}) = 306\text{mm} \quad (5)$$

$$D\text{면}(8\text{mm}) \times (9) + (250\text{mm}) = 322\text{mm} \quad (6)$$

그림 18에서 각 센서 보드의 데이터는 네 방향으로 퍼진 정도를 보여주고 있으며 각 방향으로 퍼지는 속도가 다를 수 있다. 이는 실제로 콘크리트를 부었을 때 각 방향으로 퍼지는 속도가 비슷하지만 완전히 원형으로 퍼지지 않는 콘크리트 특성으로 기인한다. 또한 각 방향의 퍼진 길이를 합쳐서 나타내면 수식(7),(8)과 같으며, 속도 측정부의 500mm 도달시간은

6.480sec임을 확인 할 수 있었으며, 최종 데이터를 KS F 2594 측정 기준에 대입하여 결과를 확인 할 수 있었다.

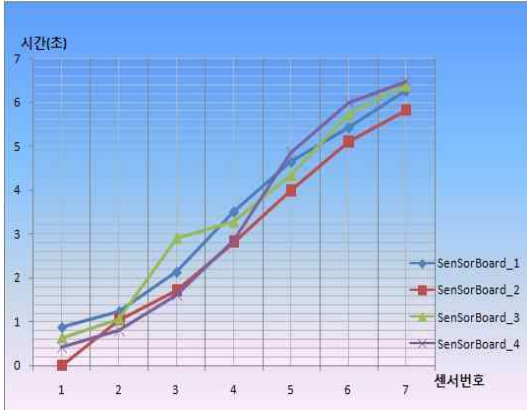


Fig. 18. 500mm spreading times for concrete  
그림 18. 500mm도달시간

$$\text{가로길이} = (330\text{mm}) + (306\text{mm}) = 636\text{mm} \quad (7)$$

$$\text{세로길이} = (306\text{mm}) + (322\text{mm}) = 628\text{mm} \quad (8)$$

이렇게 획득한 데이터는 기존의 방법에 비해 매 실험마다의 오차를 줄일 수 있었으며 별 다른 기록장치가 없더라도 사용자의 PC에서 실험 결과를 비교, 판단하며 저장 할 수 있었다. 또한 본 실험 장치를 이용하여 저장된 데이터를 바탕으로 측정 데이터의 통계를 분석할 수 있는 기반을 마련할 수 있었다. 본 실험에서 사용한 방법은 무선센서네트워크의 데이터 처리 기능을 이용하였기 때문에 거리는 실내에서 10미터 범위 내에서 전송하여야 하는 특수성이 있지만 측정 지역이 측정 장치와 컴퓨터 사이에 별다른 장애물이 없다는 점과 중간에 라우터를 부가적으로 설치하면 거리와 상관없이 측정데이터를 전송할 수 있기 때문에 실제 측정 데이터가 문제없이 재연할 수 있다고 할수 있다. 다만 본질적인 무선 센서 네트워크가 가지고 있는 네트워크상의 효율적인 관리면에서는 관리를 위한 특별한 네트워크 방식이 필요할 수 있으나 본 실험의 목적이 콘크리트 유동성 측정인점을 미루어 볼때 콘크리트 퍼지는 속도가 느리고 반복적인 데이터를 처리한다는 점을 볼때 중간 데이터가 유실이 있다고 하더라도 전체적인 속도 측정에 문제가 없을것 이라 생각된다. 본 실험의 결과로 미루어 볼 때 기존의 측정자가 직접 줄자를 이용하는 방법의 치명적인 문제점인 지나치게 측정자에 의존한다는 점과 측정된 데이터를 자동으로 보존하지 못하고 통계 처리 할 수 없다는 점을 보완할 수 있었으

며 기존 다른 측정 시스템이 비전을 이용하는 시스템과 비교하여 볼 때 측정 시스템이 원격으로 처리 할 수 있기 때문에 장치의 구현이 간단하고 저가로 처리 할 수 있다는 점이 다른 현존 시스템과 구별하여 우수하다고 볼 수 있다. 하지만 측정평가 장치로 구현되기 위해서는 기존 측정 데이터를 이용하여 다양한 측정 기준을 만들 수 있는 알고리즘에 대한 개발이 필요하다.

## VI. 결 론

본 논문은 고유동 콘크리트의 유동성능을 측정하기 위하여 자동 측정 장치의 설계에 대한 논문으로 기존의 KS F 2594 (군치 않은 콘크리트의 슬럼프 플로 시험 방법)에서 제시된 유동성능 측정 실험 방법인 줄자와 스톱워치를 이용하여 측정하는 방법의 문제점인 사용자 의존적인 면과 측정된 데이터의 자료화의 문제점을 효과적으로 개선시킬 수 있었다. 또한 현장에서의 열악한 측정 환경을 무선 네트워크를 통해 사무실의 환경으로 연계하여 작업할 수 있게 하여 측정의 원활함과 보존성을 도모하였다. 제시된 방법과 장치를 이용하여 실제 측정한 결과 보다 정밀한 데이터 추출 및 반복성을 재연할 수 있었다.

향후 현재의 센서 보드보다 소규모의 센서를 장착할 경우 검출 되는 데이터의 정밀도를 향상 시킬 수 있을 것으로 판단된다. 또한 PC환경에서 실제 데이터를 그래프로 표현해주고 데이터를 분석하는 사용자 GUI에 대한 추가 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다.

## 참고문헌

- [1] Mosalam, K.M., Machado, C., Gliniorz, K.U., Naito, C., Kunkel, E., and Mahin, S, "Seismic evaluation of asymmetric three-story wood-frame building", CUREE Publication No.W-19, 2002.
- [2] A. Mainwaring, J. Polastre, R. Szewczyk, D. Culler, and J. Anderson, "Wireless sensor networks for habitat monitoring", Atlanta,GA,2002.
- [3] A. N. Knaian: A wireless sensor network for smart roadbeds and intelligent transportation systems, Ph.D. dissertation, Massachusetts Institute of Technology, 1999.
- [4] 김정국, 채종필, 허웅, 박재현, "블루투스 무선통신 방식에 대한 의료환경에서의 신뢰성 평가", 전기전자



학회논문지 / v.6, no.1, pp.65-71, 2002.

[5] 최연왕, 최육, 정재권, 안테호, “강섬유가 혼입된 고 유동 자기충전 콘크리트의 유동 및 강도 특성”, 한국구조물진단학회 논문집, 제13권 1호 pp 161~168, 2009.

[6] 최연왕, 김용직, 강현진, “과밀 배근된 교량 부재용 초유동 자기충전 콘크리트의 역학적 특성 콘크리트학회 논문집”, 제20권 2호 pp 175~183, 2008.

[7] 최연왕, 김용직, 강현진, “프리캐스트 교량부재용 초유동 자기충전 콘크리트의 유동 특성에 관한 연구 대한토목학회 논문집”, 제 28권 1A호 pp 155~163 2008.

[8] <http://www.dwconst.re.kr/industry>

[9] <http://www.jennic.com>

**최연왕** (비회원)



1996년 : 한양대학교 대학원 토목공학과 졸업 (공학박사)  
1996년 ~현재 : 세명대학교 토목공학과 정교수

**정재권** (비회원)



2010년 : 세명대학교 대학원 토목공학과 (박사과정)  
2008년 ~현재 : 박사과정

저자 소개

**이보희** (정회원)



1996년 : 인하대학교 대학원 자동화공학과 (공학박사)  
1997년 ~현재 : 세명대학교 전기공학과 부교수  
<주관심분야> 모듈러 로봇, 휴모노이드, 인공지능, 제어시스템, 임베디드 시스템

**경정규** (비회원)



2004년 : 세명대학교 전기공학과 (학사과정)  
<주관심분야> 모듈러 로봇, 무선센서 네트워크, 임베디드 시스템