

# 흙막이 가시설 구조물의 무선원격계측관리시스템에 관한 연구

## A study on the Remote Control System for Measuring Gradient of temporary earth retaining structure

우종열\*                      홍성욱\*\*                      김상원\*\*\*                      서용철\*\*\*\*                      신찬호\*\*\*\*\*  
 Woo, Jong-Yeol              Hong, Seong-Wook              Kim, Sang-Won              Seo, Yong-Chil              Shin, Chan-Ho

### Abstract

This study concerned with the retention structures or inverted temporary building for displacement measurement in the underground soil after drilling a vertical tilt sensor attached to the vertical distance required to maintain a real-time measurement and management in order to install the wireless measuring devices installed in the field through remote control and management program for the safety of retaining structures temporary building be found on the internet in real time temporary building the retention is to develop a safety management system. And based on this technology to monitor the future status of the various structures possible to add a variety of sensors and Life Cycle Prediction of the structure and needs to evolve into intelligent systems and wireless networks using wireless communications infrastructure systems based on expanding domestic market penetration by developing instrumentation pioneer in overseas markets as well as the activation can also be judged.

키워드 : 가시설, 기울기센서, 계측장치, 스텀럽, 원격제어, 안전관리

Keywords : temporary structure, inclination sensor, measurement instrument, remote control, safety management

## 1. 서론

### 1.1 개요

구조물의 안전성 상태를 분석하기 위해 사용되고 있는 다양한 종류의 내하력 측정 센서들의 특성을 분석하고, 대상 구조물의 구조적 특성을 파악하여 측정 데이터 분석 및 계측방법을 표준화하고 측정 장치를 첨단화하고 그 데이터를 이용한 구조물의 안전진단 및 관리 기술의 개발이 절실히 필요한 실정이다.

본 연구에서는 흙막이 가시설 구조물 또는 배면에 지중변위계 측을 위하여 지중으로 수직 천공을 한 후 기울기 센서를 필요한 간격으로 부착하여 수직도를 유지하도록 설치한 후 실시간 계측 관리를 하기 위하여 무선측정단말기를 현장에 설치하고 원격제어 관리프로그램을 통하여 흙막이 가시설 구조물의 안전성을 인터넷으로 실시간으로 확인할 수 있는 흙막이 가시설 안전관리 시스템을 개발 하는 것이다.

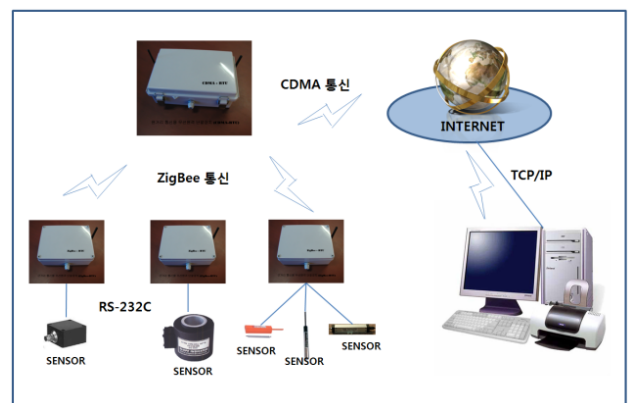


그림 1. 원격계측 개념도

### 1.2 연구의 내용 및 방법

지중변위 계측 장치를 개발하여 현장에 상시 설치하여 놓고 측정 데이터를 실시간 측정하는 무선계측단말기를 개발하여 각각의 데이터를 현장의 관리 요원이 손쉽게 빠르게 구조물의 변화를 파악, 관리할 수 있는 시스템을 개발하여 외산 장비를 대체하고 저가의 고효율 장치의 개발로 적용 대상 구조물의 확대를 통한 한국형 시스템을 마련한다. 1차 목표는 흙막이 가시설 구조물의 거동 상태 변화를 감지하여 가시설 구조물의 안전 상태를 감시하는 것이며, 향후 각종 구조물의 상태 감시가 가능할 수 있는 다양한 센

\* (주)힐엔지니어링 대표이사, 공학박사  
 \*\* (주)상지엔지니어링건축사사무소 이사, 공학박사  
 \*\*\* (주)상지엔지니어링건축사사무소 대리, 공학석사  
 \*\*\*\* (주)건축사사무소건원엔지니어링 소장, 공학박사  
 \*\*\*\*\* (주)상지엔지니어링건축사사무소 상무, 기획기술본부장

서를 추가하고 구조물의 Life Cycle 예측 등의 지능형 시스템을 발전시킬 것이다.

현재 국가적으로 시설물의 안전관리에 대한 중요성을 인지하여 많은 노력을 하고 있으나 시설물의 안전에 가장 큰 영향을 미치는 구조분야는 고도의 전문성이 요구되는 분야로 전문가의 현장 진단에 의해 판단(정밀안전진단)되고 있다. 그러나 관리 할 대상물에 비해 전문가의 수가 절대적으로 부족한 실정이라 구조적 결함이 발생한 후에 대처하고 있어(사후점검) 사고의 예방에는 한계를 가지고 있다. 이를 개선하고자 가시설구조물의 손상 상태를 상시 감지할 수 있는 감시 장치를 개발하고 이를 현장 설치하여 구조물의 이상 상태를 미리 감지 판단할 수 있는 전문가 수준의 프로그램과 관리 시스템을 제공함으로써 안전관리에 대한 기반을 구축하여 사고를 미연에 방지할 수 있도록 한다.

## 2. 국 내·외 관련기술의 현황

### 2.1 국내 관련 기술의 현황

- 1) 시설물 유지관리에 관한 특별법에 준하여 1종 시설물의 경우 안전점검은 1년에 2회, 정밀점검의 경우 2년에 1회 안전진단의 절차에 의하여 실시하는 것으로 의무화 되어 있으나 가시설 구조물에 대한 계측관리기준은 없는 실정이다. 따라서 계측에 의한 안전관리 시 대부분 현장에서 지중경사계 등을 이용한 수동측정 방법으로 데이터를 취득하고 있고, 계측관리 시 측정된 데이터의 분석은 관련전문가에 의해 해석하여 판단된 결과를 관리 측에 통보하여 조치를 하는 실정이며, 현장에서 사용되어지는 대부분의 측정 장비는 외국 수입품을 사용하고 있다.
- 2) 최근 건설된 일부 주요구조물에 외국 수입 장비를 유선(일부 광케이블)으로 연결하여 장기적인 거동분석을 위한 자료로 활용 되고 있고(90년대: 진도대교, 남해대교, 돌산대교 / 2000년대: 서해대교, 광안대교, 영종대교) 1996년부터 한국건설기술연구원과 한국도로공사가 공동으로 교량관리 시스템에 관한 프로그램을 시험 운용 중에 있다.

### 2.2 국외 관련 기술의 현황

- 1) 외국 업체들은 센서 제작 업체와 각 센서 요소 기술을 단위 시스템으로 제작 보급하는 전문업체로 구분되어 있고 각각의 단위 시스템은 계측 목적에 맞도록 정형화한 장비로 구성 되어 있어 구조물의 통합관리를 위한 사용자의 세부 기술적 요구 사항을 적극적으로 수용하지 못하고 있는 실정이며, 데이터 전송체계인 통신방법에 있어서도 대부분 유선방식을 취하고 있어 장치의 설치와 유지관리상의 문제를 가지고 있다.
- 2) 외국 선진국의 경우 유비쿼터스 기술을 이용한 지진 등 재

해 대처와 구조물 유지·관리 분야에 중점을 두고 개발 중인데 RFID Tag를 건축물이나 구조물 곳곳에 설치해 지진으로 인한 진동을 감지하고 데이터를 전송, 건축물이 스스로 피해를 최소화하도록 시스템이 작동할 수 있다. 향후 가속도, 변형, 온도, 빛, 소리, 계측 등 다양한 분야를 모니터링 해 전반적인 위험요인을 제어하는 시스템으로 개발 진행 중이다.

표 1. 국외 계측기술 현황 (터널)

항목	내용
터널 자료 관리	- 터널의 유지 관리 시에는 필요한 터널 기초 자료 관리 체계화 - 국가적 차원에서 모든 터널에 대한 DB화 추진 중 - 유지관리에 필요한 보수, 보강에 대한 이력관리 체계화
계측	- 장대터널의 시공은 전면적으로 자동계측을 수행하여 실시간 모니터링을 실시 - 장대터널은 시공 시 부터 자동계측 설비를 하여 완공 후 유지관리에 연결하여 지속적인 계측 수행 중 - 일시적인 계측은 국내와 같은 수준으로 실시하며, 계측결과 자료 정리를 일괄적으로 처리 할 수 있는 시스템 체계화
안전 진단 과 평가	- 안전진단을 위한 초기 점검 항목을 적절히 수행 - 객관적인 평가가 될 수 있도록 평가 시스템 구축 - 정량화된 평가를 할 수 있는 기법 개발 적용
통합 유지 관리	- 터널 시공부터 완공 후 공용연수까지 일괄적으로 관리하는 시스템 개발 중 - 유지관리를 종합적으로 수행 할 수 있는 시스템 개발 중
계측 장비	- 내구성 및 정밀도가 입증된 자동계측용 센서 개발사용 - 내구성 및 정밀도가 입증된 데이터 로거개발사용

## 3. 흙막이 가시설 구조물의 무선원격계측시스템의 개념

### 3.1 개념

흙막이 가시설 구조물의 안전성을 분석하기 위해 사용되고 있는 지중경사계를 개선하여 상시 계측할 수 있는 지중변위 계측장치를 개발하여, 개발하고자 하는 무선계측단말장치(Wireless-RTU)를 연결하여 근·원거리 통신을 통한 실시간 데이터를 수집하고, 수집된 자료를 데이터베이스화하여 웹 환경에서 현장 관리자와 구조전문가에게 상호 공유할 수 있는 관리 및 분석 프로그램을 개발함으로써 시공 중 또는 시공 후 구조물의 안전성을 실시간 상시 관리를 할 수 있게 하는 시스템이다.

### 3.2 기존의 지중경사계 계측방법

그림 2는 기존의 흙막이 가시설 지중변위를 계측하기 위하여 지중에 설치하는 상세도를 나타낸 것으로서, 가시설흙막이 구조물 배면에 15 cm 정도의 직경으로 천공한 후 계측할 수 있는 관

(Probe)을 견고하게 설치(주변 그리우팅)하여 놓고 경사도를 측정할 수 있는 고가의 장치를 현장에 들고 가서 1주에 1회 정도 관(Probe)에 기울기를 측정할 수 있는 장치를 넣었다 빼는 작업을 수행하여 구조물의 기울기를 측정한 후 변위로 변환하여 흙막이 가시설의 안전성을 평가하는 방법이다.

이 방법은 초기 설치비는 저렴하지만 주 1회 현장 방문하여 확인하므로 번거롭고 계측 관리비용이 많이 들며 구조물의 안전상태를 상시 확인할 수 없으므로 안전성 평가를 정확하게 하기 어려운 단점이 있다.

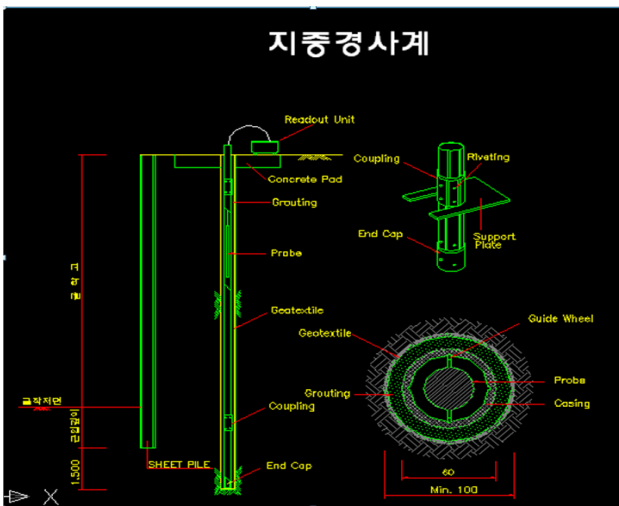


그림 2. 흙막이 가시설 지중변위 계측장치 설치상세도(기준)

### 3.3 개발하고자 하는 기울기계측방법

그림 3은 개발하고자 하는 지중변위계측장치의 설치상세도를 나타낸 것으로서 시공 및 계측 순서를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 흙막이 구조물 배면에 15 cm 정도의 직경으로 천공한 후 기울기센서를 시공전에 필요한 간격(1 - 3m 정도)으로 부착하여 놓은 관(Probe)을 견고하게 설치(주변 그리우팅)하여 놓고 선을 무선계측단말기를 연결할 수 있도록 정리하여 놓는다.
- 2) 터파기전에 근거리통신용 무선계측단말기를 연결한다.
- 3) 근, 원거리 통신용 무선계측 단말기를 가능한 원활한 통신을 위하여 근거리통신용 단말기의 중앙지점에 설치한다.
- 4) 프로그램을 셋팅하고 각위치의 지중변위를 측정후 변위로 변환하여 흙막이 가시설의 안전성을 평가한다.

이 방법은 초기 설치비는 증가되지만 사무실에서 실시간으로 계측결과를 확인할 수 있으므로 계측 관리비용이 절약되며 안전상태를 상시 확인할 수 있으므로 안전성 평가를 정확하게 할 수 있는 장점이 있다.

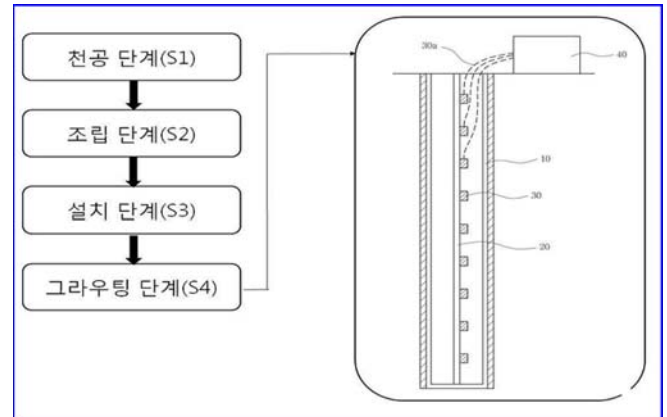


그림 3. 흙막이 가시설 지중변위 계측장치 설치상세도(개발예정)

### 3.4 기울기 계측관리 기준

구조물기울기계의 계측관리는 구조물에 미치는 영향에 대한 각 변위(경사도)의 한계를 기준으로 하여 일반적으로 실시하며, Bjerrum에 의하여 1963년에 제안된 기준으로 부등침하에 의한 “건물의 균열한계를 1/500” 로 제안하고 있으며, 국내에서도 이를 일반적으로 적용하고 있는 실정이다.

## 4. 무선원격관리프로그램 개발

구조물의 안전성 평가를 위한 경사도 계측용 무선원격관리 프로그램을 개발하였으며 그림 4의 프로그램 개발 개념도에 나타나 있듯이 센서로부터 서버로 전달된 데이터를 관리할 수 있는 DB 및 서버 관리프로그램과 고객이 계측결과를 상시 확인할 수 있는 클라이언트 프로그램으로 구성되어 개발하였다.

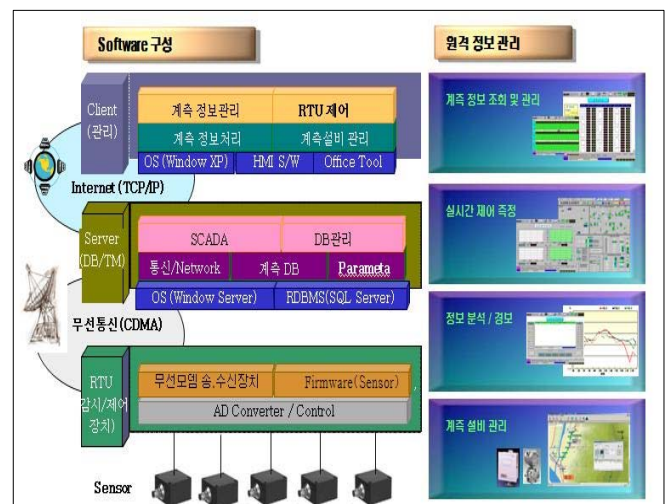


그림 4. 프로그램개발 개념도

그리고 그림 5는 개발한 클라이언트 프로그램의 메인 로그인 화면을 나타낸 것이며 그림 6은 계측관리 현황을 나타낸 것이다.



그림 5. 메인 login 화면

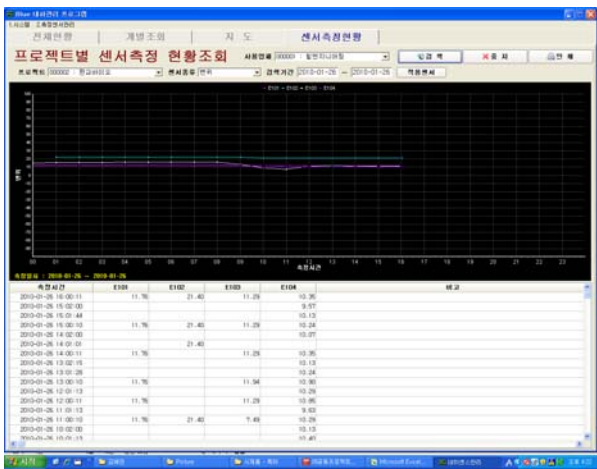


그림 5. 프로젝트별 센서측정 현황도

## 5. 결 론

본 연구에서는 흙막이 가시설 구조물(엄지말뚝 등)에 지중변위 계측을 위하여 지중으로 수직 천공을 한 후 기울기 센서를 필요한 간격으로 부착하여 수직도를 유지하도록 설치한 후 실시간 계측 관리를 하기 위하여 무선측정단말기를 현장에 설치하고 원격제어 관리프로그램을 통하여 흙막이 가시설 구조물의 안전성을 인터넷으로 실시간으로 확인할 수 있는 흙막이 가시설 안전관리 시스템을 개발하는 연구로서 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 구조물 안정성 판단과 제어신호의 산출 및 전달이 신속하게 이루어질 수 있어 구조물에 대한 위험관리가 효과적으로 이루어짐에 따라 안전사고의 위험을 최소화시킬 수 있게 되며, 무선원격계측장치(RTU)의 사용으로 구성이 단순화되어 시스템을 구축하는 비용이 절감되는 효과도 동시에 가지게 되었으며, 앞으로 건설현장 및 중요시설물에 광범위하게 적용 가능함으로 활용범위가 넓기 때문에 물량증대에 따라 생산 공정을 자동화하면 그 효과는 더욱 더 커질 것이며 안전관리기술 및 산업발전에 크게 기여하게 될 것이다.

- 2) 기술자가 상시 대기할 필요 없이 실시간으로 감지가 가능하므로 이상 발생 시 일어 날수 있는 재해나 인명 피해로부터 생기는 리스크를 최대한 감소 할 수 있으며, 건축분야 뿐만 아니라 더 나아가 조선이나 타 분야에서도 활용 할 수 있을 것으로 기대된다.
- 3) 향후 각종 구조물의 상태 감시가 가능할 수 있는 다양한 센서를 추가하고 구조물의 Life Cycle 예측 등의 지능형 시스템으로 발전시켜 나갈 필요가 있으며, 무선 통신 인프라를 활용한 무선네트워크 기반의 시스템을 개발하여 보급을 확대해 국내 계측시장의 활성화는 물론 해외 시장의 개척도 가능하다고 판단된다.

## 참 고 문 헌

1. 우종열 외, 구조물의 원격 계측관리시스템 및 이의 설치방법, 특허출원 제10-2011-0035841호, 2011.4
2. 우종열 외, 흙막이 가시설의 기울기 원격 계측관리시스템 및 이의 설치방법, 특허등록 제10-1015092호, 2011.2
3. 한국가스공사 연구개발원, 강구조물의 부식감시 및 방지기술 개발, 2004
4. 한국건설기술연구원, 유비쿼터스 환경의 지능형 시설물 모니터링 기술개발, 2004
5. 한국건설기술연구원, 첨단기법을 이용한 터널 정보화 설계/시공 기술 개발, 2004
6. 한국시설안전기술공단 공동 연구, 건축구조물의 상시모니터링 기술과 재해·재난피해 예측기술 동향에 관한 연구, 건설교통부, 2006
7. 한국시설안전기술공단, 교량 내하력 평가 매뉴얼, 2006