

# 경사계를 이용한 콘크리트 보의 처짐 측정

## Measuring the Deflection of Concrete Beam Using Inclinometer

노 태 성\*      임 흥 철\*\*      김 종 우\*\*\*      김 성 배\*\*\*\*  
 Noh, Tae-Sung   Rhim, Hong-Chul   Kim, Jong-Woo   Kim, Sung-Bae

### Abstract

The use of inclinometer to measure deflections of structures is tested through experiments. By placing sensors at the ends of specimens, which are easy to accessed, the maximum deflection of a beam at the center is measured. Upon changing load, the inclined angles are measured and then converted to deflection using mathematical relationship between the deflection and rotational angle. Through this research, it is expected to promote the use of inclinometers for structural health monitoring of buildings and civil structures.

키 워 드 : 경사계, 변위, 센서 시스템  
 Keywords : Inclinometer, Deflection, Sensor System

### 1. 연구의 목적

건축물의 모니터링은 센서 기술의 발전과 함께 점차 확산되고 있다. 현대 건축의 복잡성과 정밀 시공의 요구 증가로 경제적이고 효율이 뛰어난 무선 센서가 기존의 유선 모니터링을 대체하고 있으며, smart sensing은 건축 구조물에서 빠르게 확산되고 있다. 부재의 최대 변형은 일반적으로 계측기를 설치하기 어려운 위치에서 발생한다. 이러한 계측의 단점을 보완하기 위해 간접계측의 연구도 활발히 이루어지고 있다. 본 연구에서는 경사각 측정을 통한 최대 변형을 추정한다.

### 2. 처짐각과 처짐의 관계

부재에 하중이 작용하여 휨모멘트가 발생하였을 때, 기하학적으로 부재의 처짐각과 처짐을 구할 수 있다. 이 중 탄성곡선식법을 예로 처짐각과 처짐의 관계를 설명하고자 한다. 부재에 발생한 처짐은 탄성곡선에 대한 미분방정식을 풀어서 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{처짐곡선식} : \frac{d^2y}{dx^2} &= -\frac{M_x}{EI} & x : \text{부재의 위치} \\ \text{처짐각} : \theta_{(x)} &= \frac{dy}{dx} = \int \frac{M_x}{EI} dx + C_1 & y : \text{처짐} \\ \text{처짐} : \delta_{(x)} = y &= \iint \frac{M_x}{EI} dx dx + C_1x + C_2 & M_x : \text{부재 } x \text{ 위치에서의 휨 모멘트} \\ & & E : \text{부재의 탄성계수} \\ & & I : \text{부재의 단면 2차 모멘트} \end{aligned}$$

### 3. 경사센서의 원리

경사센서 내부의 기준이 되는 물체가 중력에 의해 제자리에 있으려고 하는 성질에 의하여 경사 값이 측정된다. 경사센서 내부의 무게추는 센서 자체가 움직여도 중력 방향으로 있으려 한다. 전기적인 경사 센서의 분류는 원리에 따라, pendulum 방식과 electrolytic 방식으로 나눌 수 있으며, 측정값에 의하여 전기저항식, 서보 가속도계식, capacitive 측정식으로 나뉜다.

\* 연세대학교 건축공학과 첨단구조연구실 연구원 (click0725@hanmail.net)  
 \*\* 연세대학교 건축공학과 교수, 공학박사 (hcrhim@yonsei.ac.kr)  
 \*\*\* (주)유디코 대표, 공학박사 (jwkim@judico.co.kr)  
 \*\*\*\* (주)유디코 기술연구소 부장, 공학박사 (kimsb@enbgroup.co.kr)

#### 4. 콘크리트 보 실험

실험은 그림 1과 같이 20m의 콘크리트 보 중앙에 집중하중을 가했다. 이 때 최대 처짐값이 발생하는 지점에서의 경사각을 측정한다. 하중을 0부터 증가시키며 50kN까지 재하하여 처짐을 측정하였다.

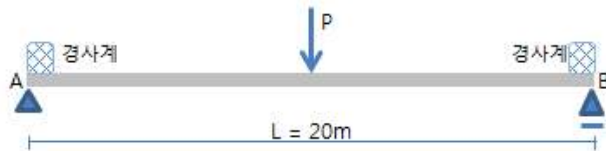


그림 1. 콘크리트 실험 Setup



사진 1. 경사계 설치

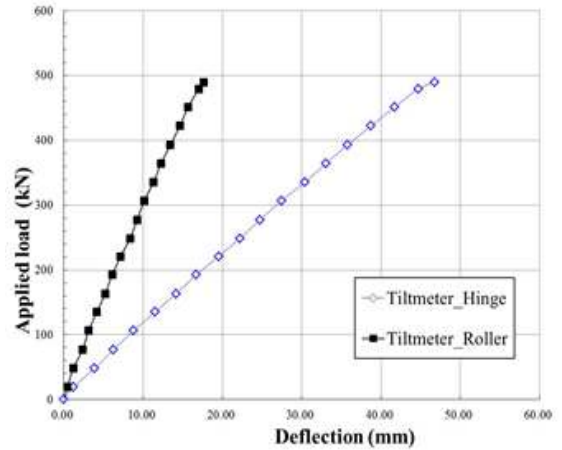


그림 2. 측정 데이터

#### 5. 결 론

구조체의 최대 변형은 보의 중앙, 캔틸레버의 자유단 부분 등 LVDT와 같은 변위 계측기 설치가 어려운 위치에서 발생하게 된다. 본 시험을 통하여 무선 경사 센서의 콘크리트 보의 처짐 계측 적용가능성을 연구해 보았다. 본 시험은 실험실에서 비교적 단순한 하중 상황과 경계조건에서 시험이 수행되었다. 실제 시공현장에서 더 많은 경사 센서를 적용할 수 있다면 복잡한 구조체에서도 변위 계측이 가능할 것으로 판단이 된다. 향후 이어지는 건축구조물 계측 연구에 기여할 수 있기를 기대해 본다.

#### 참 고 문 헌

1. 서태석, 윤선옥, 임홍철 무선 MEMS 경사계를 이용한 구조부재의 거동계측(Study on Measurement of Structural Member using Wireless MEMS Tiltmeter), 대한건축학회 학술발표대회 논문집: 구조계 제30권 제1호(통권 제54집), pp.165~166, 2010.10.23
2. 윤선옥, 무선 경사센서를 이용한 철골보의 처짐 측정 연구, 연세대학교 대학원 건축공학과 석사논문, 2013
3. 조병완, 윤광원, 김영지, 이동윤, 교량의 수직처짐 측정을 위한 유비쿼터스 무선경사센서의 활용연구(A Study on the Ubiquitous Wireless Tilt Sensors' s Application for Measuring Vertical Deflection of Bridge), 구조물진단학회지 제15권 제3호, pp.116~124, 2011.5