

반도체 압력센서 내장형 자동측정 침하계를 이용한 연약지반 침하측정기술



건설교통부 신기술지정 제539호

개발자 : (주)동성엔지니어링 부사장 이강운, (주)스마텍자앤씨 사장 이병도

1. 신기술의 범위 및 내용

가. 범위

반도체 칩이 내장된 압전(壓電) 소자(Piezoresistive Silicon Pressure Sensor)를 데이터 감지부로 채택하고, 수두압 및 대기압의 작동원리를 이용한 연약지반 침하측정 기술이다.

나. 내용

이 신기술은 반도체 칩이 내장된 압전(壓電) 소자(Piezoresistive Silicon Pressure Sensor)를 데이터감지부로 채택하고, 기준점과 측정점간의 수두압 및 대기압의 작동원리를 이용한 연약지반 침하측정 기술이다.

2. 신기술의 원리 및 시공 방법

가. 원리

반도체방식 자동화 침하계는 센서가 내장된 압력센서부에 수관식 튜브를 연결하여 지반침하 또는 용기가 예상되는 위치에 매설하고 튜브의 한쪽 끝은 액체저수조에 연결하여 항상 고정된 위치를 확보할 수 있는 지표면 위에 설치된다. 이때 압력센서부와 액체저수조간의 수직거리에 비례한 수두압이 센서에 작용하여 이에 상응하는 전류 출력으로 발생된다.

이와 같이 지반침하 또는 용기로 인하여 압력센서부가 최초 설치 위치에서 변경되면 이에 따른 수두압의 변화량이 출력되어 침하량으로 나타나게 된다.

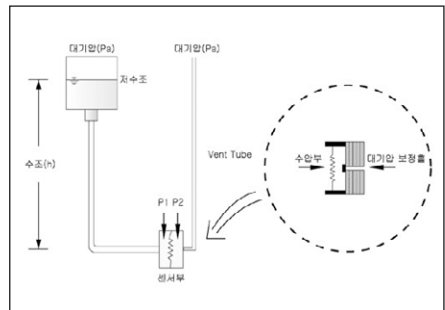


그림 1. 반도체방식 침하계의 측정원리

또한, 기존의 외산 액상침하계로 침하량을 측정할 때 반드시 대기압에 대한 보정이 이루어져야 하는데, 반도체식 자동화 침하계의 경우 센서 후면부위에 대기압 보정홀이 장착되어 있어 저수조에 가해지는 대기압과 상쇄되어 정확한 수두의 측정이 가능하다. 따라서 압력센서가 ΔP에 의한 출력만을 발생시키므로 본 침하계는 정확하게 수위에 비례한 값을 얻을 수 있다.

나. 반도체방식 침하계의 구성

반도체방식 침하계의 구성은 크게 기준수조와 센서부, 지시부로 나누어지며, 이중 기준수조와 센서부 사이에는 에틸렌글리콜(Ethyleneglycol)과 물이 50 : 50으로 채워진 2개의 Tube로 연결되며, 센서부와 지시부는 대기압 보정을 위한 벤트 튜브(Vent Tube)가

포함된 Read Cable로 연결되어 있다.

반도체방식 자동화 침하계의 원리는 2개의 수조(기준수조와 센서부)사이의 위치변화에서 발생하는 자연물리적인 수두압과 대기압을 반도체방식의 압력센서를 이용하여 측정하는 방법으로 반도체방식의 압력센서는 센서부에 위치하며 온도보상회로 및 대기압 보정을 위한 대기압 보정홀이 삽입되어 별도의 Data 보정 요소와 번거로운 계산식 없이 필요한 값을 얻을 수 있다. 또한 일반적인 전압측정용 지시계(Indicator)로도 측정이 가능하며 현장여건에 따라 LED 표시계를 기준수조 옆에 설치하여 실시간으로 mm 단위의 침하량을 측정자가 바로 읽을 수 있다.

반도체방식 침하계는 반도체소자를 이용한 압력센서로서 반도체 소자위에 저항체를 삽입

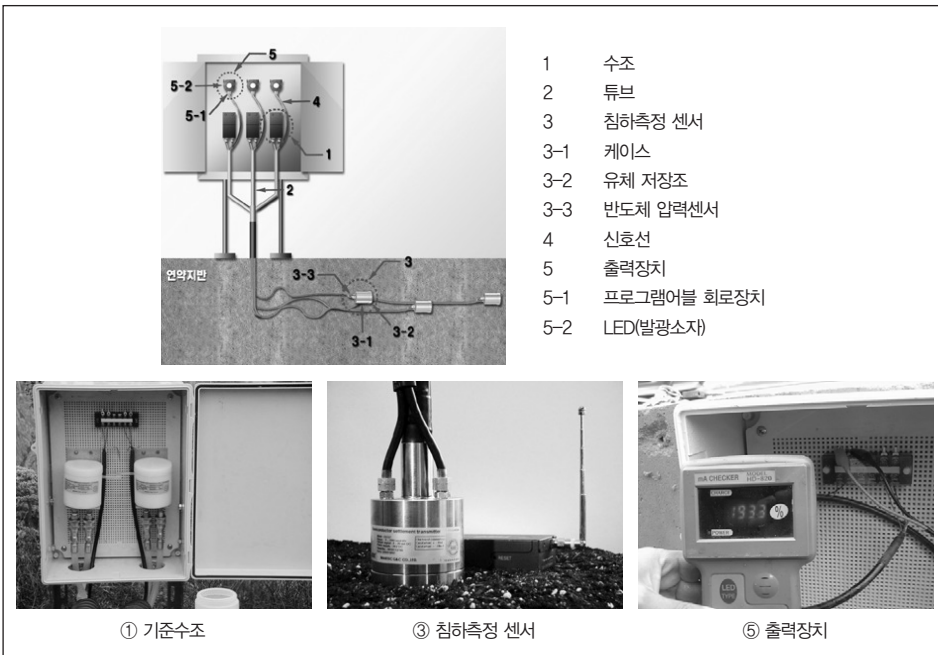


그림 2. 반도체방식 침하계의 구성

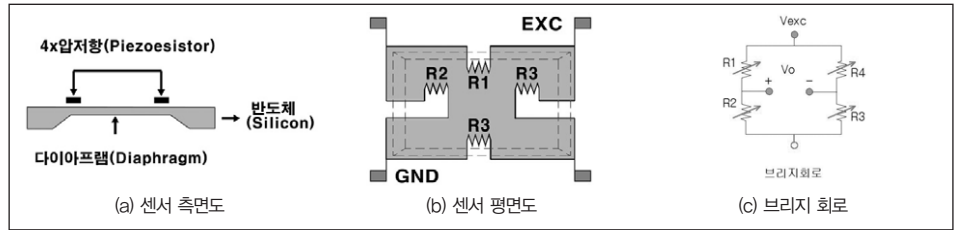


그림 3. 반도체 센서

하여(그림3. a) 인가된 압력에 따른 저항변화를 전압출력으로의 측정수단으로 압저항(Piezoresistor)으로 구성된 휘스톤 브리지(Whistone Bridge)를 이용한 것이다. 정전압이나 정전류로 센서를 동작시키면 4개의 저항으로 접합된(그림3. b) 압저항의 브리지회로(그림3. c)에서 다이아프램에 가해진 압력 때문에 그 저항값이 변하며, 이에 비례한 출력전압을 얻을 수 있다.

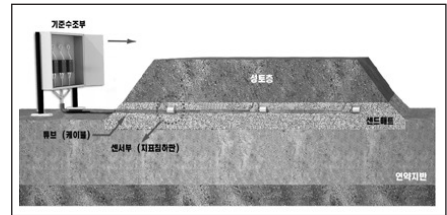


그림 4. 반도체방식 침하계의 설치단면도

지점에 위치시킨 다음, 액체튜브 및 케이블이 들어있는 일체형 튜브를 사선모양으로 매설한 후 출력장치에 연결하고 휴대용 Digital 측정기를 이용하여 초기치를 측정, 점검한다.

다. 시공방법

본 침하계의 설치단면도는 그림 4와 같으며, 침하영향이 적은 위치에 기준수조가 내장된 케이스를 설치하고 침하측정센서는 충분한 길이를 가지는 튜브로 연결하여 침하량 측정

3. 시험시공을 통한 검증

본 기술은 실내시험 및 교정시험을 통하여

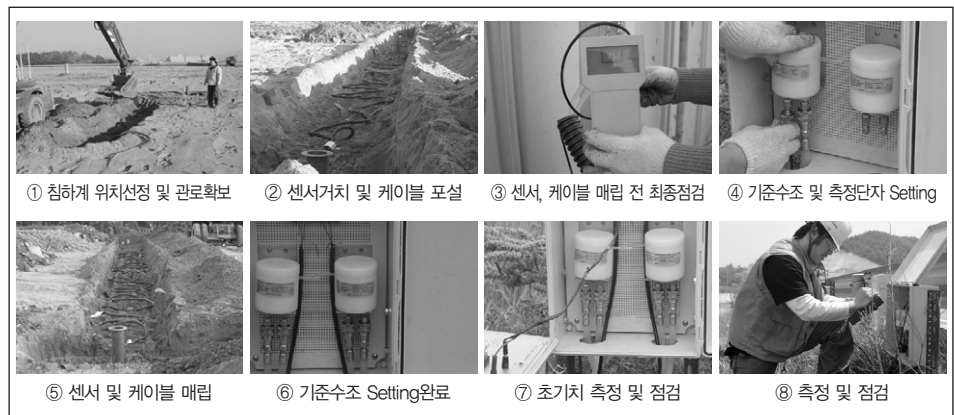


그림 5. 반도체방식 침하계의 설치순서

정밀도와 안정성을 검증받았으나 실제 현장 적용 시 현장 제반조건에 따른 문제점을 검토하고 실용화의 가능성을 검증하기 위하여 건설핵심기술 연구개발 사업의 일환으로 3년간에 걸쳐「반도체방식 침하계를 이용한 연약지반 침하계측 실용화 연구」를 수행하였다. 주요 연구내용은 3개의 시험시공 현장을 선정하여 현재 대부분의 연약지반에서 침하관리 목적으로 사용되고 있는 철제침하판과 동일한 위치에 반도체방식 침하계를 설치하고 실제 발생되는 침하량을 측정하여 두 침하계의 편차량을 비교함으로써 연약지반 침하계측 수단으로써의 반도체방식 침하계의 현장 적용성을 검증하였으며, 시공 중 발생하는 문제점을 분석하여 이를 개선, 보완하였다.

다음 그림 6은 시험시공 현장 중 광양○○ 현장 침하량 측정결과를 나타낸 것으로써 침하량은 철제침하판과 반도체방식 침하계에서 각각 1,429mm, 1,452mm로 측정되어 23mm 편차가 발생하였으며, 이는 전체침하량 대비 약 1.6%의 편차율로 두 침하계의 침하량 값이

유사한 것으로 나타났다.

시험시공 현장 3개소에 총 30개의 반도체방식 침하계와 철제침하판의 침하량을 측정 비교한 결과 계측데이터 편차율(편차량/침하량)은 현장별로 다소 차이는 있으나 최종침하량 대비 약 2.2~2.9%의 편차비율로 전반적으로 두개의 침하계에서 측정된 침하량은 유사한 것으로 나타났으며, 기준이 되는 철제침하판의 침하봉 수직도 및 측정오차를 감안할 경우 반도체방식 침하계의 측정 침하량을 현장에서 사용함에 있어서 문제가 없는 것으로 나타났다.

4. 기술적, 경제적 파급효과

가. 기술적 파급효과

본 기술의 현장 적용 시 현재 성토지반 상부에서 이루어지고 있는 모든 계측업무를 성토체 측면으로 유도함으로써 본 공정에 전혀 지장을 주지 않음은 물론 모든 계측기의 설치공

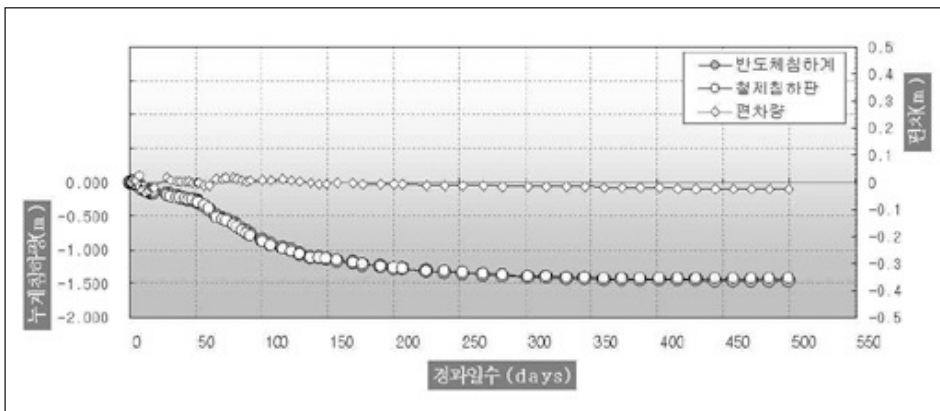


그림 6. 광양 ○○현장 침하량 측정결과



정이 원지반에서 1회 시공으로 종료되어 단계별 성토에 따른 연속작업이 필요 없으며, 원지반 설치 후 단계별 성토 시부터의 침하량을 측정, 관리할 수 있음으로써 정확하고 신뢰성 높은 Data를 현장에서 Feedback할 수 있는 장점을 가지고 있다. 또한 모든 측점이 주공정과 분리되어 계측기의 망실 및 훼손 방지함으로써 보다 안정된 데이터를 취득할 수 있으며, 자동화 시스템과 연계가 쉬워 계측관리 효율성을 극대화할 수 있고 실제 시공성 향상을 위한 다양한 정보를 제공할 수 있다. 더욱이 본 침하관리기술은 활용여부에 따라 지중침하측정 및 구조물의 미세한 균등침하관리까지도 적용이 가능하여 향후 건설 현장에서 대두되는 침하관련 문제점을 해결하는데 커다란 역할을 할 수 있을 것으로 기대 된다.

나. 경제적 파급효과

반도체방식 침하계는 기존 계측방식에 비해 1/2의 실질적인 인건비 절감효과는 물론 유지관리계측에 소요되는 중복적인 경비지출을 사전에 해소하는 경제적 효과를 기대할 수 있다. 또한 건설현장에서 본 기술이 본격적으로 도입되어 생산의 표준화, 대량생산체제를 구축할 경우 현재의 생산단가에서 약 35%의 절감효과를 기대할 수 있어 보다 경제적이고 효율적인 연약지반 계측을 가능케 할 수 있을 것으로 예상된다.

본 침하계는 현재 국내에 수입되고 있는 외산 전기식, 진동현방식의 침하계와는 차별화된 장점을 가지고 있으며, 가격적인 경쟁력에

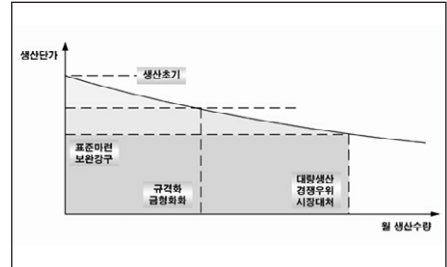


그림 7. 반도체방식 침하계의 설치단면도

서도 우위를 지니고 있어 국내시장 방어는 물론 역수출의 계기를 만들 수 있음으로서 건설용역부문에 대한 국가경쟁력 제고에도 이바지할 수 있을 것으로 기대된다.