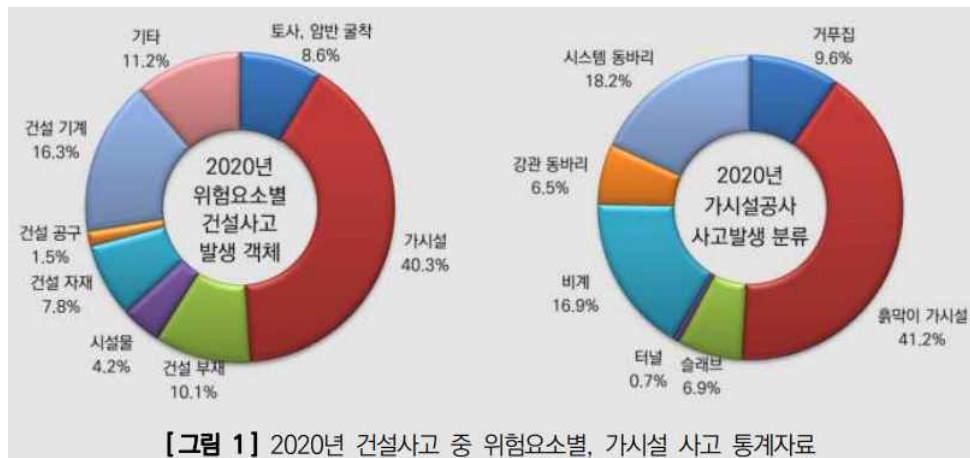


〈5주차〉		
관련 능력단위요소	수업내용(관련 수행준거)	수업방법/기자재
계측자료 수집하기 (1401030103_14v2.3)	<ul style="list-style-type: none"> 계측자료의 수집(3.1) <ul style="list-style-type: none"> 현장계측의 목적, 계측의 방법, 설치, 계측계획의 검토사항 계측 위치 선정시의 검토사항 계측기 항목 선정 및 계측기기 선택, 계측기 측정 	이론강의

[흙막이 공사]

(참고자료) 지하흙막이 공사 스마트 계측 도입과 제도개선방안(2020-MR-03), 서울기술연구원 2020.12.31

구조물의 대형화, 고층화가 이루어지고 있으며, 포화된 지상공간으로 인해 지하공간의 개발이 꾸준히 증가하고 있다. 이에 따라 도심지 지하공간 굴착, 도심지 근접시공 등이 증가하고 있으며, 점차 대규모 지반굴착 공사의 증대로 이어지고 있는 추세이다. 토목 기술이 발전하고 관련 공사가 대형화됨에 따라 공사 중 예측 불가능한 안전사고의 위험요인이 더욱 증가하고 있어, 도심지 공사현장의 위험요소를 모니터링하고 사전에 예측하는 것이 반드시 필요하다.



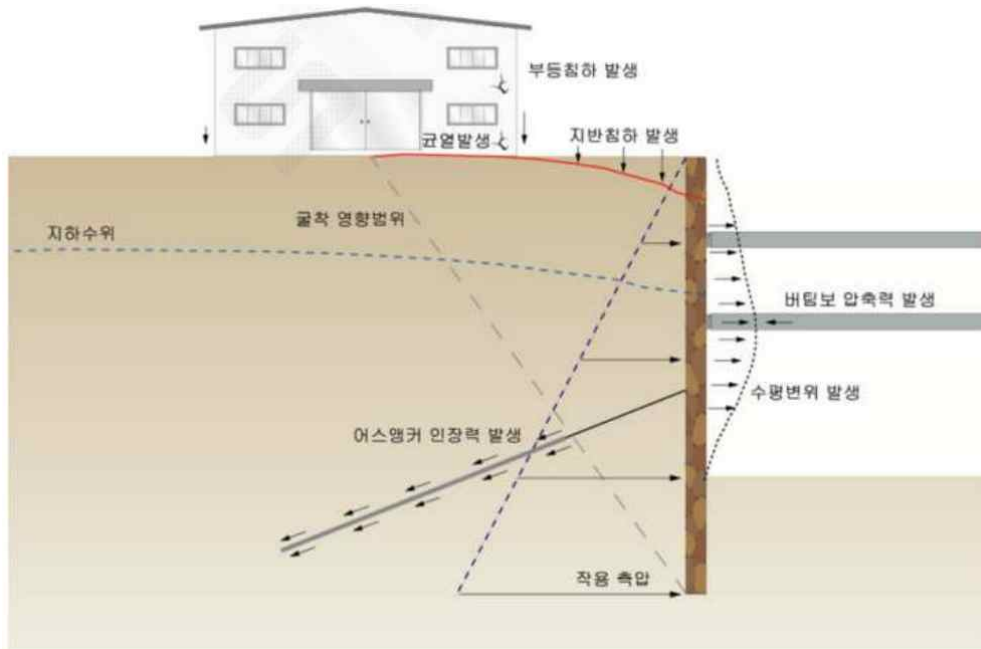
굴착공사에 수반되는 지하흙막이 공사는 계측관리를 통해 시공 중 안전성 및 인접시설물의 안정성을 확보하도록 권장하고 있다. 그러나 굴착깊이 10 m 미만의 소규모 또는 굴토심의 제외 대상 흙막이 구조물은 계측관리가 유명무실해 크고 작은 사고가 빈번하게 발생하고 있다.

【표 1】 지하흙막이 공사장 피해사례

구분	○○구 흙막이(2015)	○○동 흙막이(2016)	○○동 흙막이(2018)
현장 전경			
발생 원인	지중경사계 계측 오류(작업통로 미확보)로 초기 과다 굴착 미확인	배면에 작업창고 설치로 흙막이구조물 과다 하중작용	배면지반 내 지하수위 상승에 따른 흙막이 구조물 작용 수압 증가

[흠막이 계측]

지하 흠막이란 지하에 구조물을 축조하려는 경우 지반굴착으로 인한 흠의 붕괴와 주변지반의 과대한 변형을 방지하려는 가설구조물을 의미하며, 지하흠막이 계측관리는 현장 지반조건에 관한 정보 부족으로 인한 오류를 사전에 발견하여 제거하기 위한 수단이자, 굴착공사 수행으로 인한 지반에 미치는 영향과 나아가 구조물에 미치게 될 영향을 파악하여 궁극적으로 건설공사 안전관리에 기여하기 위한 행위를 의미한다



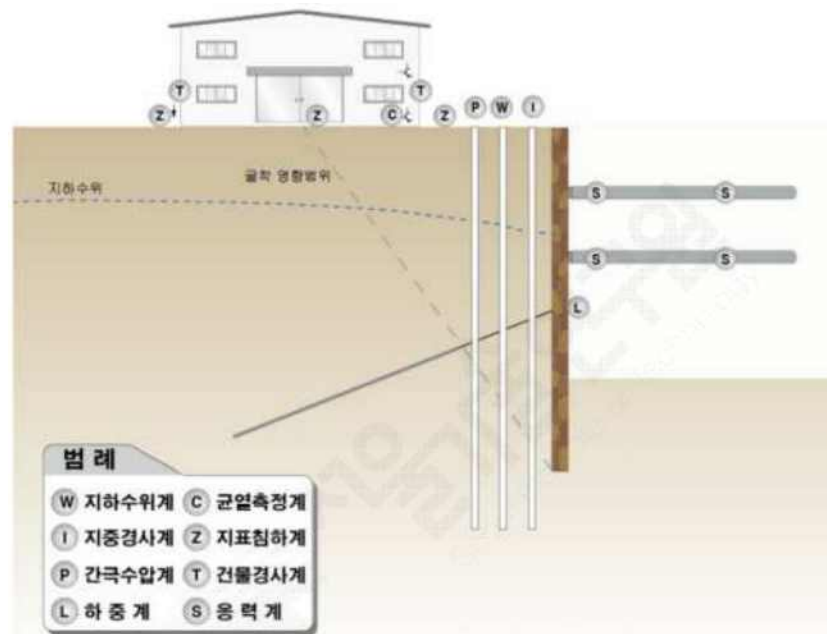
<지하흠막이 구조물의 작용하중과 변형>

[흠막이 계측관리의 범위]

흠막이 계측관리는 지보공의 축력, 벽체 및 배면지반의 수평·수직 변위, 지하수위 변동, 토압 및 간극수압 변화 등을 측정하는 것을 포함한다. 또한 공사 중 발생할 수 있는 민원에 대비하기 위한 인접 구조물의 균열 및 기울기 측정, 소음, 진동 측정 등도 포함하여 흠막이뿐만 아니라 인접 건물의 계측까지 포함한다.

< 흠막이 가시설 계측항목 >

구간	대상	계측항목	계측기기
개착 및 인접 구조물 구간	흠막이 가시설	지보공(버팀대, 어스앵커 등)의 축력	응력계, 하중계
		벽체 및 배면지반의 수평 변위(지중경사)	지중경사계
	배면 지반	굴착 배면지반의 지중 침하	지중침하계
		벽체에 작용하는 토압 및 수압, 간극수압	토압계, 간극수압계
		지표침하	지표침하계
		지하수위	지하수위계
	인접 구조물	인접구조물의 변위 계측	건물경사계, 건물균열계, 변형률계, 진동소음계, 전단면 내공변위계
		지하매설물 관리	침하관측점, 변형률계
비개착 구간	흠막이 가시설	지보재의 응력	강관응력계, 지보응력계
	배면 지반	비개착구간 시공점부의 지중수평변위	지중경사계
		지표침하	지표침하계, 광파 타켓
		지하수위	지하수위계
	인접 구조물	인접구조물의 변위 계측	건물경사계, 건물균열계
		비개착구간 내부의 변위 계측	천단침하계, 수평경사계



<지하흠막이 구조물의 계측항목 및 위치>

[지하흠막이 계측의 현황과 문제점]

지하흠막이 공사의 계측관리는 공사 중 구조물의 거동을 평가하고 설계 시에 예측하지 못한 위험 요인을 인지하여 안전성을 확보함과 동시에 설계 시 예상한 흠막이 구조물의 거동을 확인하기 위한 목적으로 수행되고 있다.

지하흠막이 계측은 설계단계에서 흠막이 안정성 검토와 취약구간에 계측기를 배치하고 계측관리 기준을 설정한 이후, 현장에서 계측기를 설치하여 측정하는 단계로 진행된다.







<지하흠막이 구조물 계측관리 프로세스>

중·소규모의 민간 공사장에서 많이 사용되는 수동계측의 경우 보통 주 1~2회 측정하고, 측정 후 계측보고서를 만들어 시공사에 보고되기까지 약 7~10일 정도가 소요된다. 이러한 계측 공백이 발생하면 현장의 위험징후를 즉시 판단할 수 없다는 한계가 있다. 물론, 지하흠막이 공사장과 인접시설의 안전을 위하여 시공현장의 계측정보를 실시간으로 취득하여 실시간 계측관리를 할 수 있는 자동화 계측기술이 적용되고는 있지만, 비용이 고가로 건설원가를 상승시키는 요인으로 작용하여 중·소규모의 민간 공사장에서의 실효성은 매우 떨어지고 있다.



흙막이 계측관리는 공사 중 위험요인을 인지하여 지하흙막이 공사의 사고를 예방하는 순기능이 있는 반면에, 굴착깊이 10 m 이하의 소규모 또는 굴토 심의 제외 대상 흙막이 구조물의 일부는 유명무실한 계측관리로 흙막이 구조물의 붕괴 뿐만 아니라 인접구조물의 피해까지 유발되는 흙막이 공사장 사고는 빈번하게 발생하고 있다. 현재 지하흙막이 계측관리는 대부분이 수동계측으로 계획되고 있는 경우가 많으며, 설계시에 지하흙막이 구조물과 인접하여 구조물이 위치하고 있거나 굴착영향 범위 내에 지하철 등 특수구조물이 위치하는 경우에 한하여 일부 구간에 자동계측이 적용되고있다.

현장	흙막이사고 현장 전경 및 모식도	가시설 형식 및 사고내용	원인
부산 ○○현장 붕괴사고 (2007.5.)		C.I.P, H-Pile + 토류판 어스앵커 공법 가시설 붕괴	배면지반 상재하중 증가 벽체작용 하중 증가
신촌 ○○역사 붕괴사고 (2007.6.)		C.I.P, H-Pile + 토류판 어스앵커 공법 가시설 붕괴	열차, 발파 진동 벽체변위로 인한 상수도 파열
여의도 ○○센터 붕괴사고 (2007.9.)		지중연속벽 어스앵커 + 코너 버팀보 가시설 붕괴	가우로 인한 수압 증가 코너부 하중 증가로 인한 응력집중
판교 ○○현장 붕괴사고 (2009)		H-Pile + 토류판 어스앵커 공법 + 버팀보 가시설 붕괴	배면지반 암반사면 활동

<흙막이 사고 사례>

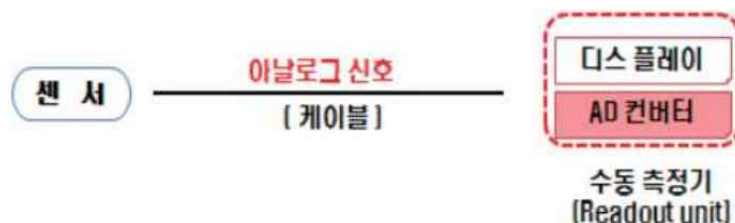
[현행 계측기 기술]

(1) 수동계측방법

수동계측 방식은 흙막이 설계 시에 확인된 흙막이의 공사단계별 변위, 작용하중 등의 예측치를 관리기준으로 설정하고, 취약하다고 판단되는 지점에 계측기 설치계획을 수립하면, 공사 시 계측 점검원이 직접 측정 장비를 가지고 현장에 설치된 센서에 연결하여 데이터를 획득하여 공학적 결과를 산출하여 그래프나 도표로 작성하여 관리하는 방식이다.

수동계측은 시설물 등 주변환경의 간섭이 없거나, 민간공사 및 중·소규모 흙막이 가시설 현장에서 비용이 저렴하다는 장점으로 적용된다. 수동계측은 현장에 설치한 센서를 점검원이 측정기에 직접 연결하여 센서의 아날로그신호를 컨버터로 변환, 디스플레이 장치로 결과값을 육안으로 확인하는 방식이며, 현 흙막이 계측관리 동향으로는 굴착 중 2회/주, 굴착 완료 후 1회/주 의 측정주기로 수행되고 있다.

수동계측은 센서나 현장에서의 전원공급 등 제약사항이 적다는 장점이 있지만, 점검원이 직접 현장에서 정보를 취득하고, 별도의 분석과정을 거쳐 시공사 또는 발주자에게 계측결과를 보고하는 프로세스로 진행되어 현장에서 점검한 이후 보고까지 약 7~10일 정도의 시간 차이가 발생한다. 점검 이후 보고까지 시간이 경과하는 동안 현장에서의 굴착작업 또는 흙막이 공사는 진행되기 때문에 사실상 공사와 계측관리와의 계측공백이 발생함을 의미한다. 이러한 인력 중심의 수동방식의 계측관리가 소규모 현장에서는 필요시에 현장을 방문하여 계측을 수행하는 관리방식으로 진행되고 있어, 계측관리가 불규칙할 수 있고 또한 계측관리가 형식적인 과정으로 진행되어 계측관리의 품질을 저하시키는 요인으로 작용한다.



(2) 자동계측방법

자동계측 방식은 수동계측과 동일하게 현장에 센서를 설치하고, 점검원이 휴대하던 측정기를 현장에 고정 설치함으로써 센서의 측정결과를 실시간(1회/시간)으로 전송하여 현장정보를 실시간으로 확인할 수 있도록 개선한 계측관리 방법이다.

현장에 설치되는 여러 센서들을 정보수집 장치로 연결하고 여러 정보수집장치가 유선 또는 무선으로 서버에 접속하여 측정결과를 전송해주는 방식으로 작동된다. 자동계측방식의 경우 센서에서 들어오는 출력값을 디스플레이 상태로 보여주기 위해 별도로 소프트웨어가 필요하며 주로 계측결과, 관리기준치를 출력하여 흙막이 가시설의 거동을 나타낸다

이와 같이 현장의 정보를 실시간으로 확인할 수 있다는 장점이 있지만, 수동계측과는 다르게 현장에 적용할 수 있는 센서의 종류가 제한될 수 있고, 정보를 취득하기 위해 점검원이 육안으로 확인할 수 있는 점검항목까지 센서가 설치되어야 하며, 정보수집장치를 현장에 고정 설치하기 위해서는 상시 전원이 공급되어야 한다는 현장의 제약여건 때문에 계측관리 비용이 수동계측에 비해 고가이다.

또한 자동계측에 필요한 시스템은 계측기기, 측정장비, 통신장비, 전원공급 장비로 구성되며, 크게 계측기기와 모니터링 시스템으로 구성된다. 국내에서는 국외 제품들을 주로 수입해서 사용하고 있는 실정이다. 계측관리를 위한 프로그램은 각 제조사마다 제작되고 있는 실정으로, 초기에 계측시스템을 구축하기 위해서는 기본적인 시스템 구성 장비와 프로그램을 구매해야 하므로 초기 비용이 증가되는 단점이 있다.

자동계측은 실시간으로 흠막이 구조물이나 인근에 간섭할 수 있는 주변 시설물의 실시간 거동을 확인할 수 있다는 장점이 있어 시공중 시설물 간의 간섭으로 위험이 예상되는 구간이나 상시 안전 확인이 필요한 곳에 적용하여 공사 중 안전성을 확보하는데 사용된다. 또한 현장에 센서가 설치됨으로써 점검원의 상주나 현장방문이 최소화 될 수 있어 인건비 절감효과가 있어 공사기간이 긴 대규모 흠막이 가시설 현장에서는 오히려 비용이 저렴해질 수 있다.

최근에는 정보통신 기술이 발달함에 따라 IoT, ICT 등의 첨단 정보통신 기술을 이용한 자동계측기술이 도입, 시도되고 있으며, 대부분이 통신방법 및 데이터 획득방식의 정보취득 및 통신 분야에 국한되고 있지만, 국가전략 프로젝트인 스마트시티,스마트 건설기술 등에서는 정보통신과 함께 관리기술이 융합될 수 있는 융합기술의 도입, 개발을 추진하고 있어 지하흠막이 공사에도 자동화계측을 이용한 스마트계측의 개발이 요구된다.





(a) 계측기기(센서)(Geokon®)



(b) 측정 장비(Campbell Scientific®)



(c) 통신 장비(Campbell Scientific®)



(d) 전원공급 장비(Campbell Scientific®)

<자동계측시스템의 구성>

[현장 계측 관리]

1. 계측의 목적

계측을 성공적으로 실시하기 위해서는 각 목적마다의 충분한 사전 검토가 매우 중요하다. 일반적으로 계측의 목적은 현장에서 발생할 수 있는 설계와 시공 사이의 기술적인 격차를 최소화하여 안정성, 경제성, 합리성을 극대화하기 위한 것이다.

- (1) 긴급한 위험의 징후 발견을 위한 계측
- (2) 시공 중에 중요한 정보를 얻기 위한 계측
- (3) 시공법을 개선하기 위한 계측
- (4) 법적 소송을 대비하여 도움이 되는 계측
- (5) 공사 지역의 특수한 경향을 파악하기 위한 계측
- (6) 이론을 검증하기 위한 계측

2. 계측 수행의 3요소

(1) 신뢰성 있는 계측기기

굴착 공사 계측 기기는 일반적으로 지반 및 가시설의 변형이 정확히 반영되어질 뿐만 아니라 응력값으로의 환산 값이 신뢰성을 가져 허용치에 대한 안전성 또는 보강에 반영을 검토할 수 있어야 한다.

(2) 자질을 갖춘 계측 수행자

최근 들어 계측기 자체의 괄목할 만한 성장에도 불구하고 계측기 사용자의 자질은 이를 따르지 못한 경우가 있어 계측의 실패가 종종 발생하고 있다. 계측수행자는 최소한 계측기의 원리를 이해하여야 하며 계측을 통하여 자기가 수행하는 작업의 성공적인 완결을 위해서 계측을 최대한 활용할 수 있는 자질을 구비해야 한다.

(3) 현장과의 상호 보조

계측작업은 시공과 병행하여 이루어지므로 가능한 시공 공정에 지장을 주지않아야 하며 시공자가 계측에 대한 개요를 인식하여 설치 및 설치 후의 관리에 문제가 발생치 않도록 한다.

3. 계측기 설치 계획

합리적이고 안전한 시공이 되기 위한 자료를 정확하고 신속하게 수집하기 위해서는 체계적인 계측 계획이 사전에 수립되어야 하며 계획 단계에서 검토되어야 할 사항들은 다음과 같다.

(1) 계측 계획 수립의 일반 사항

계측 계획은 수립 단계에서 일반적으로 다음과 같은 사항들이 충분히 검토되어야 한다.

<표 1> 계측 계획 수립 시 검토 사항

항목	내용	비고
인접 구조물 특성	<ul style="list-style-type: none"> - 주변 도로망 파악 - 인접 건물의 배치 및 노후 상태 파악 - 인접 건물의 토질 특성 파악 	
구조물 특성	<ul style="list-style-type: none"> - 본 구조물 및 인접 주요 구조물의 특성 파악 - 지반 지지 주체의 특성 - 자연적, 인위적 현상의 상호 관계 	
지질 및 토질 특성	<ul style="list-style-type: none"> - 광역적 지형, 지질의 특성 - 해당 지역의 지지 기반층 생성과 발달 과정 파악 - 지질 및 토질의 공학적 특성 	
설계 특성	<ul style="list-style-type: none"> - 하중 분포 및 하중 전달 역학 관계의 이해 - 지반 공학적 상수의 평가 - 재료 역학적 상수의 평가 - 수치 해석 모델의 이해 - 수치 해석 결과의 평가 - 안전율의 적용 	
지보 부재 및 시공 특성	<ul style="list-style-type: none"> - 가설 구조 및 기타 부재의 거동 특성 - 시공 순서 및 시공 단계별 시간 개념 - 지층 변화 및 지하수 유동 예측 - 시공 상 취약 요소의 파악 	
계측기기 특성	<ul style="list-style-type: none"> - 작동 원리 및 설치 기법 - 측정 범위 및 측정 오차 - 측정 방법 및 경제성 - 내구성 및 계기간의 상호 호환성 - 목적에 부합되는 적용 방법 	

(2) 계측 계획에 대한 검토 사항

<표 3-2> 계측 계획 시 검토 사항

항목	내용	비고
계측 빈도	- 계측 항목 별로 시공 진행도 및 변화 속도등을 검토 후 결정	
계측 방법	- 수동, 반자동, 자동 등의 방법 검토	
처리시스템	- 측정기, 컴퓨터 종류, 용량, 통신 방법 등 환경 정비 상태 점검	
계측체제	- 전임자, 담당자 선정, 시스템 구축, 조직에 대한 장기적인 체제 확립	

(3) 계측 기기 배치에 대한 검토 사항

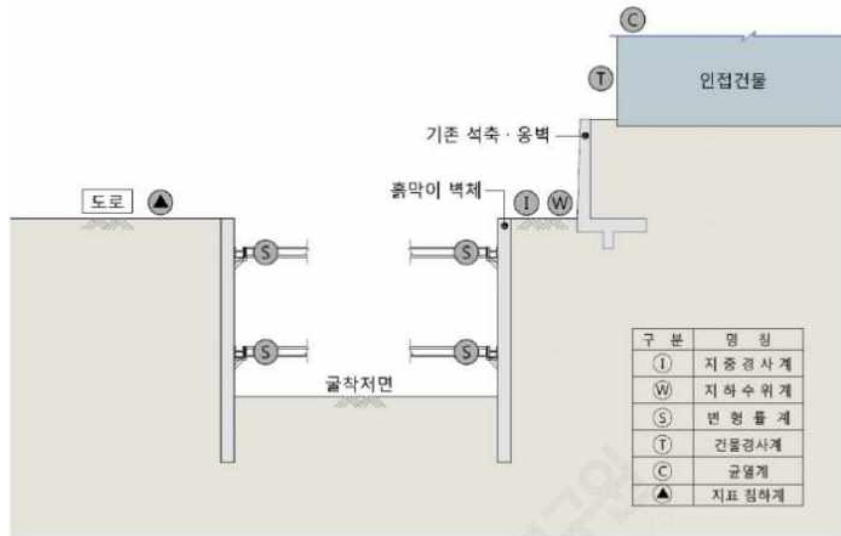
〈표 3-3〉 계측 기기 배치 시 검토 사항

항목	내용	비고
계측 목적과의 부합성	- 계측목적 및 해석상 합치한 장소 선정과 배치 간격, 수량 및 심도 검토	
시공 사항	- 선행 부분, 가장 취약하다고 판단되는 부분 검토 - 시공 과정에 대한 합리성 검토 - 자연 조건 및 주변 여건 고려	
전체 관리 및 집중 관리	- 한 계기가 부담 할 수 있는 영역 검토 - 주 계측 단면, 보조 계측 단면의 산정	
계기 보수	- 가설물, 중기 등에 대한 장애 - 장기간 계측하는 경우의 설비	

(4) 계측 위치 선정 시 검토 사항

계측 위치 선정에 있어서 지보공이나 흙막이벽 등에 대하여 여건이 허락하면 안전상, 현장 관리상 또는 연구 목적상 부합되는 모든 위치에 행하는 것이 좋겠지만 실제로는 그렇지 못하므로 계측 위치는 흙막이 벽 공사 전체에서 판단하여 계측 효율이 가장 좋고 큰 변형이 예측되는 대표 단면을 선정하여야 하며 이를 위해 계기의 배치를 결정할 때에는 다음의 사항을 유의할 필요가 있다

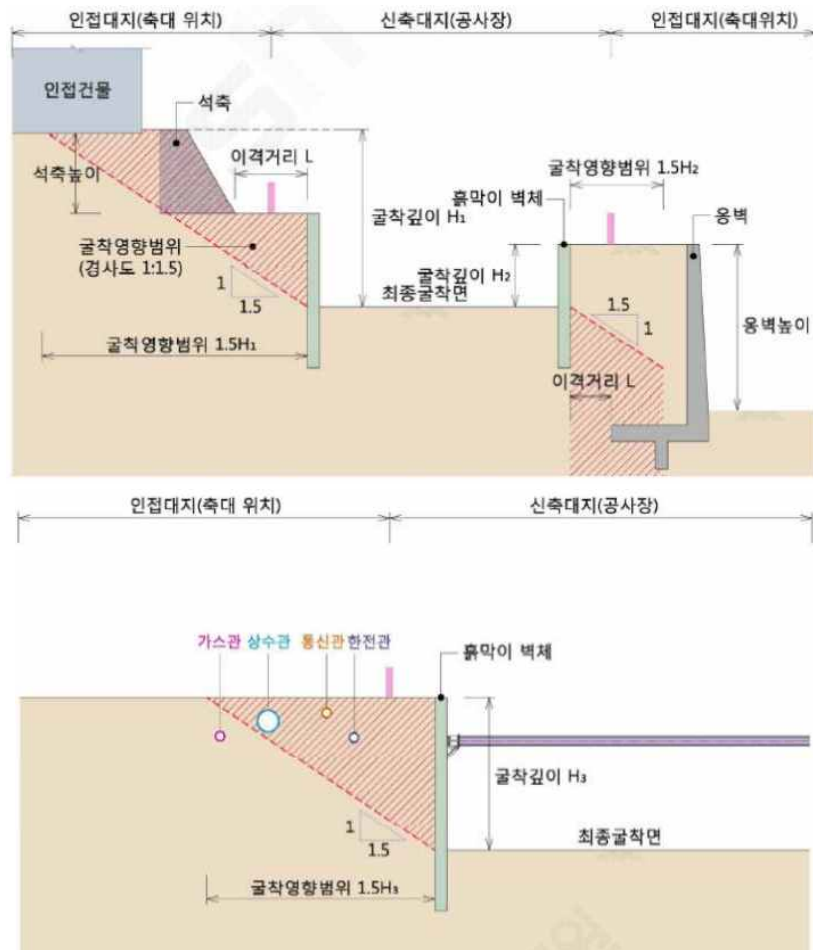
- (가) 주변 구조물의 존재에 의해 결정되는 계측 항목에 대해서는 그 구조물의 위치를 중심으로 흙막이 구조물을 대표하는 장소에 계기를 배치한다.
- (나) 설계의 불확실성에 의해 결정되는 계측 항목에 대해서는 그 요인에 따라 배치한다.
- (다) 조기에 시공되는 위치에 우선적으로 배치하며 계측결과는 Feed Back 할 수 있는 장소로 한다.
- (라) 계측 결과의 해석상 상호관련 된 계측 항목에 대응하는 계기는 가능한한 근접시켜 배치한다.
- (마) 계기 고장의 가능성을 염두에 두어 적절한 배치를 한다.
- (바) 계기의 설치 및 배선이 확실히 행해질 수 있는 위치로 한다.
- (사) 보링 등으로 지반 조건이 충분히 파악되고 있는 장소로 한다.
- (아) 인접해서 중요 구조물이 있는 장소로 한다.
- (자) 교통량이 많아 이로 인한 하중의 증감이 있는 장소로 한다.
- (차) 흙막이 구조물이나 지반에 특수한 조건이 있어 그것이 공사의 영향을 미친다고 생각하는 장소로 한다.



<예측기 설치 위치 예>

(참고 : 굴착영향범위)

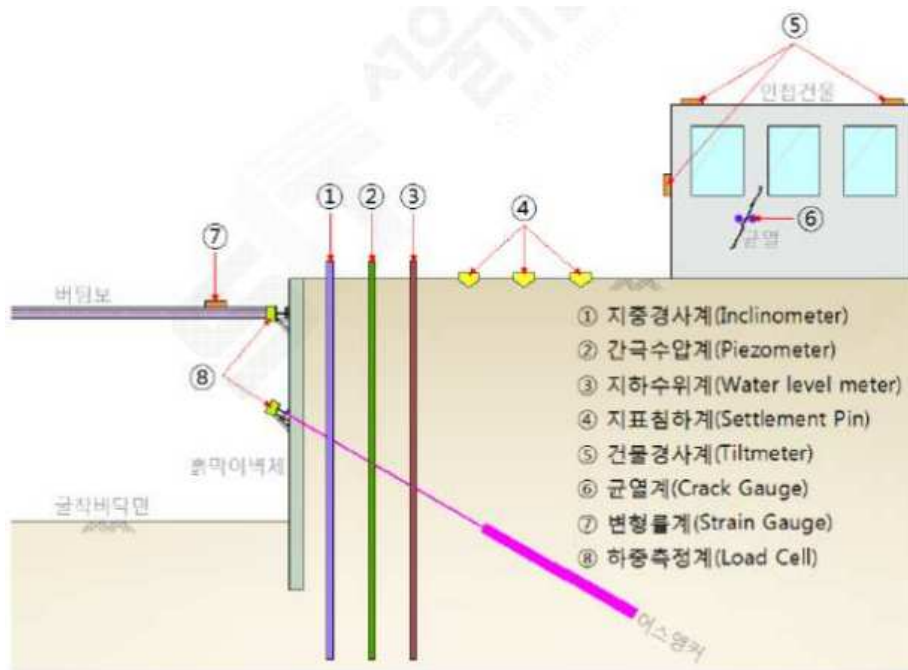
굴착 저면에서 경사도 1:1.5 영향성 이내의 거리를 굴착 영향범위로 규정하며, 굴착 시점에서 1.5 H(굴착깊이) 이내에 있는 시설물에 대한 현황 조사를 수행한다. 굴착 영향범위 내의 건물, 석축·옹벽 구조물, 지하매설물을 고려한 굴착안정성을 검토한다.



[계측기]

1. 계측기 항목 선정 기준

일상적인 계측 항목 선정 시 고려 사항은 공사에 의한 영향 범위와 인접된 구조물의 기초 형태 및 구조물의 상태, 굴토 공법의 종류 등을 고려하여 선정되어야 하며, 또한 현장 형상 등을 고려하여 응력의 집중이나 토압의 변화 등을 고려하여 모든 조건의 파악이 가장 용이한 지점을 선정하여야 한다.



<계측기 종류 및 설치위치 예시>

2. 계측 기기의 선택 및 수량, 빈도

(1) 계측 기기의 선택

계측 자료의 정확성, 이용의 용이성, 경제성 등을 고려하여, 다음과 같은 점들을 고려하여 기기를 선택하는 것이 일반적이다.

- (가) 계측 기기의 정도, 반복 정밀도, 강도, 계측 범위 및 신뢰도가 계측 목적에 적합할 것
- (나) 구조가 간단하고 설치가 용이할 것
- (다) 온도, 습도에 대해 영향을 적게 받고 보정이 간단할 것
- (라) 계측 기기로 인해 공사에 지장을 초래하지 않을 것
- (마) 예상 변위나 응력보다 계측기의 측정 기능 범위가 클 것
- (바) 계기 오차를 유발할 수 있는 계측기 고장 발견이 용이할 것
- (사) 가격이 경제적일 것

(2) 계측기 수량 및 빈도

굴토 지반의 거동은 일일 굴토량과 작업 기계, 기상 등에 영향을 받으므로 데이터 변화 속도의 안정성 여부의 관련성을 충분히 고려하여 적절한 측정 빈도를 설정해야 한다. 데이터의 변화 속도가 빠른 계측 항목의 측정 빈도는 높이고 반대로 장기간에 걸쳐 변화량이 미세한 계측 항목은 빈도를 낮추는게 좋으며, 안전과의 관련성이 깊은 계측 항목은 높일 필요가 있다. 또한 현장 여건을 판단하여 효과적으로 결정하여야 하며 측정 기간은 공사 전, 공사 중, 공사 후를 구별하여 공사 전의 계측기는 예측 측정이 포함되어야 하고, 공사 후의 계측에는 유지 관리를 포함해야 한다.

<표 3-4> 계측기 측정 빈도

계측항목	측정시기	측정빈도	비고
지중경사계	설치 후 1일 경과 공사 진행 후 공사 완료 후	1회/일로 1일간 1회/주 1회/주	초기치 선정
지하수위계	설치 후 공사 진행 후 공사 완료 후	1회/일로 1일간 1회/주 1회/주	초기치 선정
변형률계	설치 후 1일 경과 공사 진행 후 공사 완료 후	1회/일로 1일간 1회/주 1회/주	초기치 선정
건물경사계	설치 후 1일 경과 공사 진행 후 공사 완료 후	1회/일로 1일간 1회/주 1회/주	초기치 선정
균열측정계	설치 후 1일 경과 공사 진행 후 공사 완료 후	1회/일로 1일간 1회/주 1회/주	초기치 선정
지표침하계	설치 후 1일 경과 공사 진행 후 공사 완료 후	1회/일로 1일간 1회/주 1회/주	초기치 선정

[계측자료 수집]

1. 계측 계획시 주요 검토 항목 파악하기

- (1) 현장공사 개요 및 규모를 파악한다.
- (2) 현장 지반 및 인접 건물을 파악한다.
- (3) 계측 목적에 따른 계측 항목과 수량을 파악한다.
- (4) 계측기 설치, 유지관리 방안을 파악한다.
- (5) 계측 수행에 맞는 인원을 확보한다.
- (6) 계측 결과의 출력, 분석 및 시공 반영 체계를 수립한다.

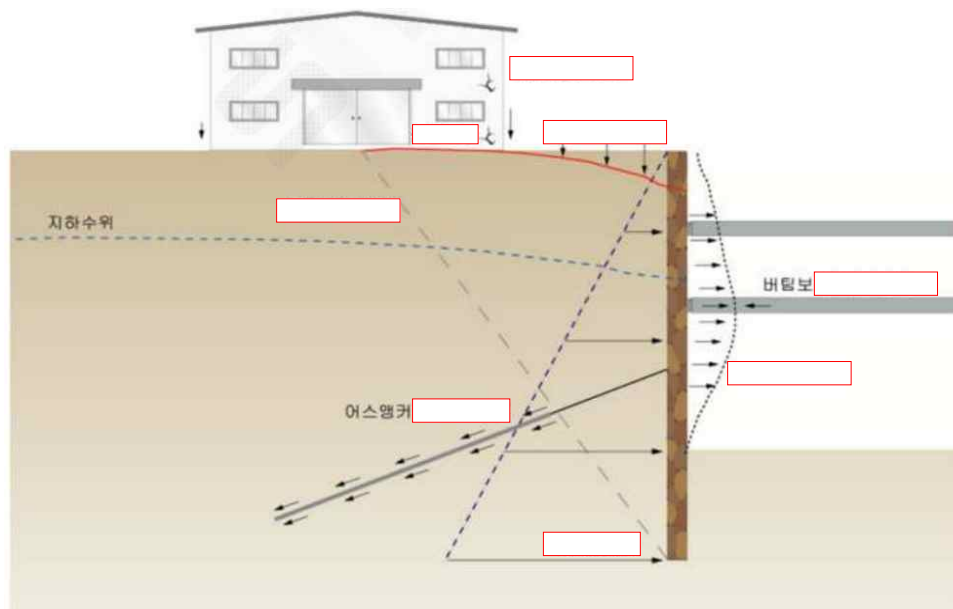
2. 계측 자료 수집 시 유의 사항

- (1) 계측 기기의 초기 측정은 신뢰성 있는 기초 자료로 활용할 수 있도록 시공 전에 얻는다.
- (2) 자료 수집 빈도는 공사 정도에 따라 적절하게 결정되어야 하며 구조물의 급격한 응력 변화나 주변 구조물에 공사로 인한 문제점이 발견되면 그 빈도를 증가시킨다.
- (3) 현장에서 얻어진 자료는 즉시 공사 현황 및 기상 상태 등을 고려하여 분석하고 도표 등으로 가시화함으로써 토류 구조물의 현재 상황을 판단하고 이를 예측치와 비교하여 그 차이에 대한 연구를 통해 제 원인을 규명하여 공사의 안전성 및 적합 성을 판단한다.
- (4) 신속한 대처를 위해 야장 등을 통한 수동계측 시스템보다는 입력부터 분석 후 자료 작성까지 자동화할 수 있는 자동데이터 시스템을 활용한다.

[QUIZ]

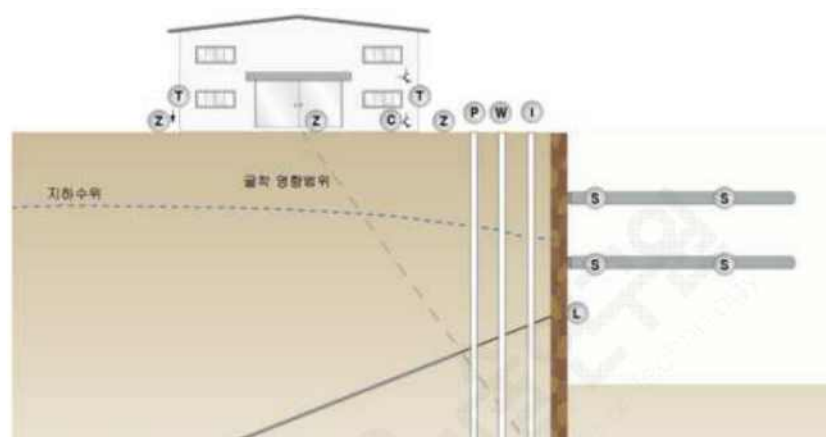
()란 지하에 구조물을 축조하려는 경우 지반굴착으로 인한 흙의 붕괴와 주변지반의 과
대한 변형을 방지하려는 가설구조물을 의미하며, 지하흙막이 ()는 현장 지반조건에 관한
정보 부족으로 인한 오류를 사전에 발견하여 제거하기 위한 수단이자, 굴착공사 수행으로 인한
지반에 미치는 영향과 나아가 구조물에 미치게 될 영향을 파악하여 궁극적으로 건설공사 안전관
리에 기여하기 위한 행위를 의미한다

다음 그림은 지하 흙막이 공사시 구조물에 작용하는 하중과 변형 양상을 나타낸 것이다. 빈칸을 채우시오



다음 그림은 지하 흙막이 구조물에서 적절한 계측기를 선정하시오.

(계측기 종류 : 지하수위계, 균열측정계, 지중경사계, 지표침하계, 간극수압계, 건물경사계, 하중계, 응력계)



W : C : I : Z :
P : T : L : S :

다음 항목 중 계측관리 프로세스에 맞게 순서를 재배열하십시오

(1) 현장계측 (2) 계측항목별 관리기준 설정 (3) 취약구간 계측기 배치
(4) 계측결과 분석 및 보고 (5) 흙막이 안정성 검토 (6) 계측계획서 작성



자동계측 시스템의 구성을 크게 4가지로 구분하여 쓰시오

굴착공사시 굴착안정성의 영향을 검토하기 위한 최소한의 범위를 무엇이라고 하는가? 또한 그 범위는 어떻게 되는가?

$$(\quad), (\quad)$$

계측기기 선택시 고려할 사항을 3가지 이상 쓰시오

()
()
()
()

〈6주차〉		
관련 능력단위요소	수업내용(관련 수행준거)	수업방법/기자재
계측자료 수집하기 (1401030103_14v2.3)	<ul style="list-style-type: none"> • 계측자료의 수집(3.1) <ul style="list-style-type: none"> - 계측 자료의 수집 및 유의사항 • 계측결과의 분석(3.2) <ul style="list-style-type: none"> - 계측 기기의 관리 항목 - 계측 관리의 결과 및 자료 분석 - 계측 관리의 결과 평가 및 활용하기 - 계측결과 자료를 활용한 결과 분석 실습 	이론강의, 실습/ 컴퓨터 빔프로젝터

[계측 기기의 관리 항목]

계측 기기가 정상적으로 작동되어 현장 상황을 대표할 수 있는 데이터를 얻기 위해서는 작업자가 설치 목적 및 방법을 숙지하고, 계측 기기의 사전 점검을 통해 공사 진행 및 유지 관리 업무 중 파손으로 인한 자료의 손실이 없도록 유의하여야 한다. 또한 중요 지점에는 예기치 않은 계측 기기의 이상 및 고장, 설치 오류 등에 대비하여 이를 대신할 수 있는 여유분이 설치되는 것이 바람직하다.

1. 지중경사계에 의한 계측

(1) 설치 목적

지중에 소요 깊이까지 케이싱을 설치하고 측정 소자를 집어넣어 일정 간격으로 케이싱의 경사를 읽어 중심도에 따른 수평 변위량을 측정하여 흙막이 구조물의 연속적인 횡방향 변위를 측정한다.

(2) 측정 방법

(가) Probe의 Position을 측정방향에 맞추어 경사계관 내부의 Key way를 따라 밀어 넣는다.

(나) 계획 심도까지 Probe를 내린 후 지시계의 스위치를 켜다.

(다) 50cm씩 표시된 케이블을 Assembly에 맞추어 올리며 계측을 하고 계측된 값은 자동적으로 지시계에 수록되며 필요한 자료를 원하는 때에 즉시 뽑아내어 사용한다.

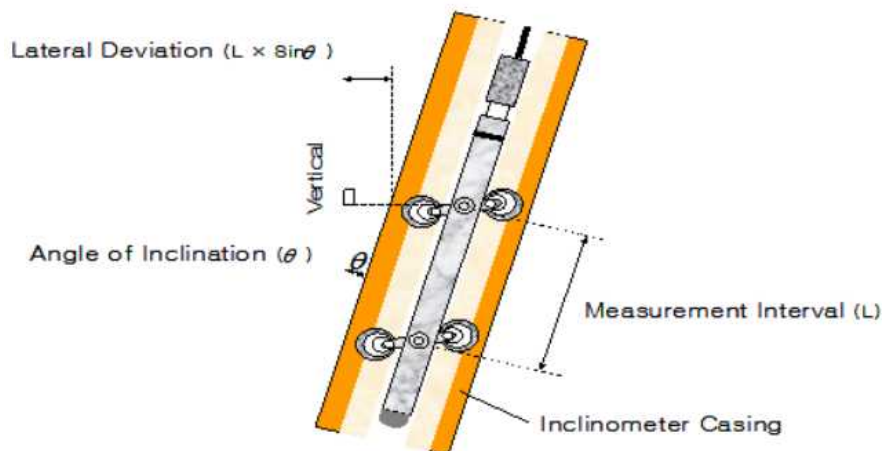
(측정원리)

출처: 지산이엔지, <https://m.blog.naver.com/PostView.naver?isHttpsRedirect=true&blogId=jisan2016&logNo=221061553949>

- 검전기(Position detector)의 자기장내에 달려있는 감지장치가 기울기 변동을 일으키면 질점(mass) 위치가 변화하여 중력의 작용방향으로 기울어지게 되며, 이로 인하여 검전기에 전류의

변화가 일어나게 되고 이것은 위치탐지기(Position detector)에 전류변화를 발생시킨다.

- 전류변화는 서보증폭기를 통과하면서 증폭되어 회귀코일(restoring coil)에 전달되고 회귀코일은 질점(mass)을 초기상태의 영점위치로 복원하고자 하는 동일한 전자기력을 반대 방향으로 가하여 seismic mass가 움직이지 않도록 한다.
- Restoring coil을 통한 전류는 저항기에서의 전압강하로 측정되며 이 전압은 초기에 전자로 가해진 가속도에 비례한다.
- 지반내에 4방향으로 홈이 파인 특수한 케이싱을 설치하고 그 속안에 탐침기 (probe)를 일정 간격으로 케이싱의 경사를 읽으면 케이싱을 따라 연속적인 횡방향 변위를 알 수 있다.
- 서보 가속도계식 변환기가 벽면 경사계(tiltmeter)나 시추공 경사계에 적절한 이유는 기울기 변화가 발생할 때 seismic mass를 평형시키기 위한 힘이 sine함수에 비례하기 때문이다. 그러므로 측정된 출력 전압은 sine함수에 비례하며, 경사계의 바퀴간격에 $\sin \alpha$ 를 곱하면 연직선으로 부터 벗어난 거리를 직접 구할 수 있다.



2. 지하 수위계에 의한 계측

지하 수위는 설계시에 고려된 지하 수위를 기준으로 하며 실측된 지하 수위가 설계 수위 보다 높을 경우 안전에 대한 주위 대상이 되어, 실측 토압과의 관계로부터 위험 여부를 판정하게 된다.

(1) 설치 목적

굴착 공사 시 안전성 측면에서 공사 진행과 가장 밀접한 관계가 있는 지하수의 흐름을 파악함으로써 수위 상승에 따른 토압 증감, 수위 변화 속도, 지반 침하 발생 여부 등을 파악할 수 있고, 이것은 효율적인 공사 진행을 위한 계측 항목이다.

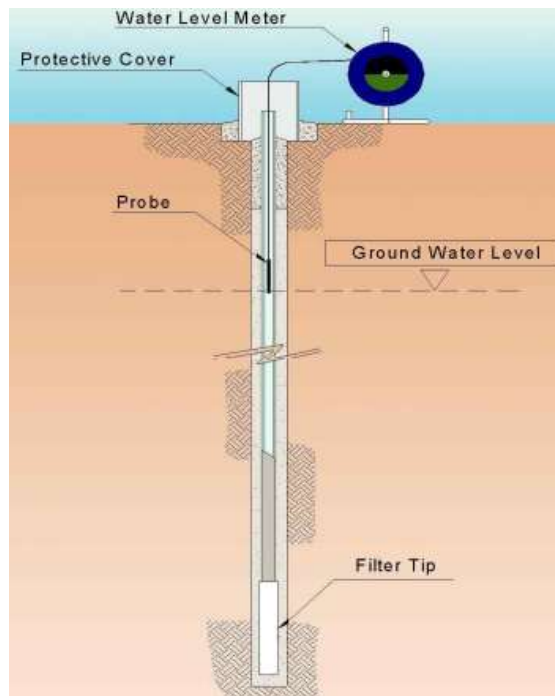
(2) 결과 분석

계측 자료를 얻기 위해서는 굴착 현장에서 일정한 간격으로 1열 배치 하는 것이 매우 효과적

이다. 그러나 대부분의 도심지 굴착 공사 현장에서는 여유 부지가 없는 관계로 부지 경계선에 근접되게 설치하게 된다. 그러므로 영향 거리나 피해 발생 가능성 및 토류 벽체 차수성 등의 판정을 지하 수위면의 변화로 행하는 것이 한계이다.

(측정원리)

- 파이프나 튜브 끝에 투수팁을 장착하여 지반에 수직으로 매설하고 눈금이 새겨진 테이프에 연결된 탐침(촉침식)을 파이프 속으로 내려 수면과 접촉할 때의 눈금을 읽음으로써 수위를 측정한다.
- 촉침식 : 전원, 전선, 전류계를 연결하여 수면에 검출부가 접촉하였을 때 전류를 감지하는 방식으로 작은 공경에 적합하고 사용하기에 가장 간편하다



3. 건물 경사계에 의한 계측

(1) 설치 목적

인위적 또는 자연적인 영향으로 인접 주요 구조물 옹벽 등의 부등 침하로 인한 경사 변형 상태를 측정하기 위하여 설치되어진다.

(2) 결과 분석

지하 굴토 공사에서 인접 구조물의 변위는 주변 지반의 부등 침하나 지하 수위 저하에 의한 압밀 침하의 영향이며, 이에 따른 각 변위를 분석한다.

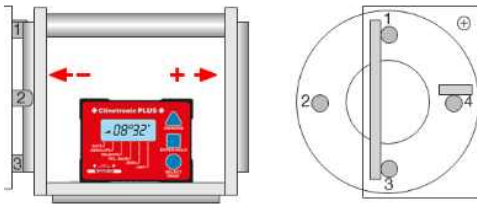
(측정원리)

출처 : 태창트레이딩, <https://m.blog.naver.com/PostView.naver?isHttpsRedirect=true&blogId=tctrading&logNo=221337938625>



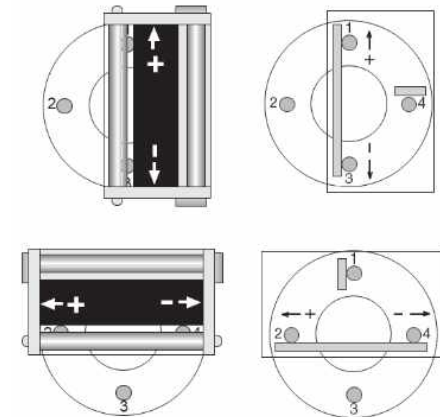
1) 틸트 플레이트 부착 확인

부착 후, 2~3일 경과 후에 부착 정도를 확인한 후에 초기치를 측정



2) 건물 경사 측정 (수직 방향)

수직 방향으로 틸트 플레이트를 장착한 경우 좌측 사진과 같이 Peg 1-3축 기준으로 "-" 방향과 "+" 방향으로 각각 1번씩 측정



3) 건물 경사 측정 (수평 방향)

수평 방향으로 틸트 플레이트를 장착한 경우에는 Peg의 1-3축, 2-4축, 3-1축, 4-2축으로 건물경사계를 시계방향으로 돌려가면서 측정

측정값이 안정되지 않고 미세하게 움직이는 경우에는 2~3회 반복하여 측정

4. 균열 측정계에 의한 계측

(1) 설치 목적

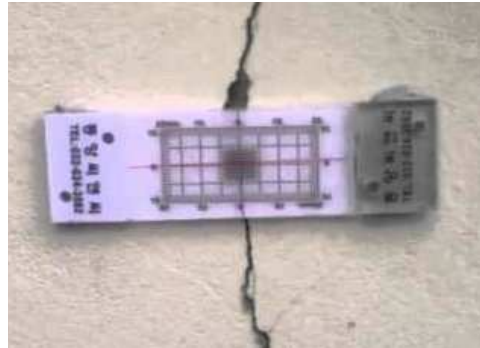
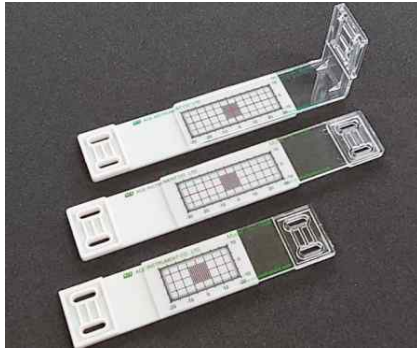
건물 등 주요 구조물의 균열 진행 여부를 확인하고 균열의 폭을 측정한다.

(2) 측정 방법

- (가) 설치 위치를 선정한다.
- (나) 균열면을 고른다.
- (다) 크랙 미터를 양단면에 부착시킨다

(라) 초기치를 계측한다

(측정기 예시)



5. 지표 침하계에 의한 계측

(1) 설치 목적

지표면에서 관측되는 수직 침하량 및 수평 이동 측량

(2) 측정 방법

현장 부근에 굴착의 영향이 미치지 않을 부동점을 설치하고, 그 점을 기준으로 측정하고자 하는 침하판 위의 로드를 수준 측량하여 침하량 및 수평 이동량을 측정한다.

(측정원리)



레벨기 (TOPCON-AT-G6)



지표면 침하판 시공사진



지표면 침하계 측정사진

[수행 순서]

계측관리의 주된 목적은 관찰된 거동과 이론적 해석에 의한 예상치와의 차이를 규명함으로 유지 관리의 합리성을 판단하여 위험요소를 제거하고 전반적인 관리 수준을 향상시키고 경비 절감의 효과를 이루는데 있다. 또한 이러한 기술적 경험을 축적하여 체계화 시킴으로 차후 계측 시 이를 반영하여 보다 합리적이고 경제적인 관리를 추구하는 데 있다고 볼 수 있다.

1. 관리 한계치 설정하기

계측자료는 보통 그 양이 방대하여 거동을 분석하는데 어려움이 있을 수 있다. 따라서 이 자료를 단계별 또는 일자별로 정리하여 도표화하고, 적절한 이론으로 재분석하여 거동 양상을 가시화하여야 한다. 이러한 작업을 통해 일정한 추세를 규명하고 이론치와 비교하여 그 차이를 여러 가지 상황에 비추어 원인을 규명 할 수 있다.

(1) 절대치 관리 방법

절대치 관리 방법이란 계측 전에 설정된 관리 기준치와 예측치를 비교 검토하여 그 시점에서의 유지 관리 안정성을 확인하는 방법이다.

(2) 예측 관리 방법

예측 관리 방법은 다음 단계 이후의 예측치와 관리 기준치를 비교 검토하고 사전에 안전성을 확인하거나 현재 시공되고 있는 시공법의 검토를 확인하는 방법이다.

2. 계측 관리 결과 평가 및 활용하기

(1) 계측 관리 결과 평가

계측한 자료가 설정된 관리 기준치와 비교하여 다소간의 차이를 보일 경우에는 별 문제가 없지만 과소하거나 과대할 경우는 계측 관리 결과를 재고할 필요가 있다. 다시 말하면 실측치가 관리 기준치의 한계 이상일 경우는 위험한 단계로 판단하여 현장에 신속히 긴급 대책을 수립하여 조치 후 재 실시하여야 하며 한계치 이하로 실측치가 측정될 경우는 합리적이고 경제적인 범위 내에서 고려할 수 있는 것이다.

(2) 계측 관리 기법

현장관리와 안전관리를 위한 계측관리 기법으로는 절대치관리와 예측관리로 나눌 수 있다.

(가) 절대치 관리 기법

시공 전에 미리 설정한 관리 기준치와 실측치를 비교, 검토하여 그 시점에서 공사의 안전성을

평가하는 방법이다. 계측 결과에 대해서 신속하게 대처할 수 있어서 현장에서의 단순 관리에 많이 이용하고 있다.

(나) 예측 관리 기법

이전 단계의 실측치에 의하여 예측된 다음 단계의 예측치와 관리 기준치를 대비하여 안전성 여부를 판정하는 기법이다. 조기에 거동을 추정하므로 보다 합리적인 관리를 할 수 있으나 계측 시스템이 대규모가 되어 경제적인 면에서 부담이 크므로 이 방법은 주로 중요한 계측에 이용된다.

[QUIZ]

다음은 어떤 계측기에 대한 설명인가?

지중에 소요 깊이까지 케이싱을 설치하고 측정 소자를 집어넣어 일정 간격으로 케이싱의 경사를 읽어 중심도에 따른 수평 변위량을 측정하여 흙막이 구조물의 연속적인 횡방향 변위를 측정한다.

→ ()

굴착 공사 시 안전성 측면에서 공사 진행과 가장 밀접한 관계가 있는 지하수의 흐름을 파악함으로써 수위 상승에 따른 토압 증감, 수위 변화 속도, 지반 침하 발생 여부 등을 파악할 수 있고, 이것은 효율적인 공사 진행을 위한 계측 항목이다.

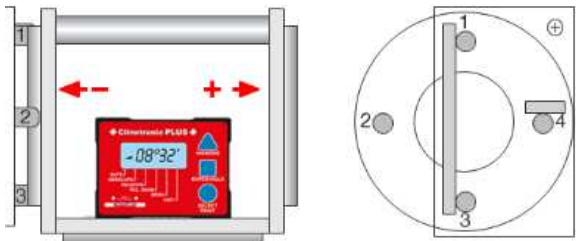
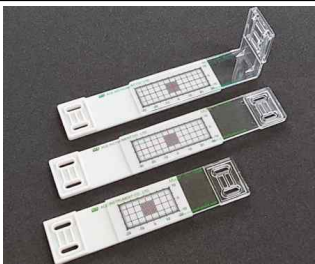
→ ()

지하 굴토 공사에서 인접 구조물의 변위는 주변 지반의 부등 침하나 지하 수위 저하에 의한 압밀 침하의 영향이며, 이에 따른 각 변위를 분석한다.

→ ()

현장 부근에 굴착의 영향이 미치지 않을 부동점을 설치하고, 그 점을 기준으로 측정하고자 하는 침하판 위의 로드를 수준 측량하여 침하량 및 수평 이동량을 측정한다.

→ ()

	
<p>답 :</p>	<p>답 :</p>

	
<p>답 :</p>	<p>답 :</p>